

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PETRÓPOLIS
CENTRO DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO

**A GESTÃO EFICIENTE DE PROJETOS DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS PARA EDIFICAÇÕES**

José Henrique Alves Pereira

Petrópolis
2016

JOSÉ HENRIQUE ALVES PEREIRA

**A GESTÃO EFICIENTE DE PROJETOS DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS PARA EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Gestão de Sistemas de Engenharia, Centro de Engenharia e Computação, da Universidade Católica de Petrópolis como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Gestão de Sistemas de Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Robson Luiz Gaiofatto

Petrópolis
2016

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PETRÓPOLIS
CENTRO DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO
Curso de Mestrado em Gestão de Sistemas de Engenharia

A Gestão Eficiente de Projetos de Instalações Elétricas para Edificações

Mestrando: José Henrique Alves Pereira

Orientador: Dr. Robson Luiz Gaiofatto

Petrópolis, 06 de Agosto de 2016

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Robson Luiz Gaiofatto (UCP)
Orientador

Prof. Dr. Antônio Roberto Mury (UCP)
Examinador

Prof. Dr. Carlos Juarez Velasco (UFJF)
Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais, Jerônimo e Norma, pela paciência, tolerância, incentivos, preocupações e carinho dispendidos.

À minha irmã, Maria Cristina, pelos incentivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Robson, pelos incentivos, ideias, experiências e conhecimentos transmitidos, sempre se mostrando disposto a me auxiliar na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos, Max e José Américo, pela solidariedade, ajuda, incentivos e amizade.

PEREIRA, José Henrique Alves. *A gestão eficiente de projetos de instalações elétricas para edificações*. Universidade Católica de Petrópolis, Pró-Reitoria Acadêmica, Coordenação Geral de Pesquisa. Petrópolis, 2016.

RESUMO

Dentro da realidade multidisciplinar de um empreendimento de construção civil, as instalações elétricas são um dos subsistemas mais importantes, visto que sua inadequação pode resultar em consequências danosas, da necessidade de reexecução dos serviços à ocorrência de incêndios. Para o desenvolvimento de um bom projeto, o profissional deve estar consciente de todas as suas etapas, que se iniciam no contato com o cliente, perpassam a atenção às normas e aos regulamentos específicos, e culminam na entrega do produto e retroalimentação. Consta-se, todavia, que no Brasil esse processo nem sempre é observado entre os profissionais habilitados, nos quais são disseminados o desconhecimento das normas e a compreensão equivocada de que um projeto seria constituído apenas por desenhos, com pouca atenção às demais documentações necessárias. O objetivo geral deste estudo é a proposição de procedimentos para a gestão do projeto de instalações elétricas de baixa tensão de edificações dentro do empreendimento como um todo e sua compatibilização com os demais projetos, bem como a atenção às normas pertinentes. A norma-base, da qual decorrem outras normas de natureza específica, é a ABNT NBR 5410. Partiu-se de revisão bibliográfica e de significativo aporte da experiência profissional de 25 anos do mestrando na área de engenharia elétrica, tanto no setor privado como no público. Constatou-se a necessidade de revisão na formação dos profissionais, que nos cursos de graduação têm pouca ênfase em normas técnicas e instalações elétricas, e depois de formados, pouco participam em eventos de formação continuada (eventos científicos e cursos de pós-graduação). Propõe-se assim que o projeto de instalações elétricas seja desenvolvido dentro de um fluxograma claro, com definição precisa das interfaces, elaboração de etapas projetuais frequentemente negligenciadas e a utilização apropriada das normas e regulamentos pertinentes. Para a eventual construção de um fluxograma é que o presente estudo pretende fornecer subsídios. Consta-se ainda a necessidade de revisão periódica das normas, acompanhando o progresso tecnológico.

Palavra-chave: Projetos. Instalações elétricas. Gestão técnica.

PEREIRA, José Henrique Alves. *The efficient management of design of electrical installations for buildings*. Catholic university of Petrópolis, Academic Pro-rectory, General Coordination of Research. Petrópolis, 2016.

ABSTRACT

Electrical installations are one of the foremost subsystems within the multidisciplinary reality of a civil construction project, since its inadequacy may lead to hazardous consequences, resulting not only in the need to rerun services but also in fire occurrence. To develop a good design, the professional should be aware of all its stages, which begin with the contact with the client, require attention to norms and specific regulations, and culminate in the delivery of the product and feedback. However, such process is not always followed among Brazilian professionals, who are unaware of the rules and therefore have the mistaken understanding that a design would only consist of a set of drawings, resulting in little attention to other necessary documentation. The aim of this study is to propose procedures for the management of the design of low-voltage electrical installations of buildings within the project as a whole and its compatibility with other designs, regarding attention to relevant standards. The standard base from which other rules of specific nature derive is the ABNT NBR 5410. In addition to the literature review, the significant contribution of my 25 years of professional experience in electrical engineering, both in the private sector and in the public sector, was used in this work. The need to review the training of professionals was found, due not only to the little emphasis on technical standards and on electrical installations provided by undergraduate courses, but also because only a small number of professionals get involved in continuing education, such as scientific events and postgraduate courses. Thus, we propose that the electrical installations design be developed within a clear flowchart, with precise definition of interfaces, elaboration of often neglected project steps and the appropriate use of standards and regulations. This study provides subsidies for the construction of such flowchart. Also, the need for periodic review of standards, along with technological progress, was found.

Keyword: Design. Electric installations. Technical management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Falta de congruência desde a concepção à entrega de uma obra.....	13
Figura 2:	Avaliação de competências.....	21
Figura 3:	Modelo ampliado baseado em um processo de sistema de gestão da qualidade.....	27
Figura 4:	Aspectos de construtibilidade.....	32
Figura 5:	Relação entre as tabelas da NBR 5410 (ABNT, 2004) ligadas à classificação das influências externas.....	49
Figura 6:	Descrição dos componentes de aterramento de acordo com a ABNT NBR 5410:2004.....	61
Figura 7:	Esquema de aterramento TN-S.....	66
Figura 8:	Esquema de aterramento TN-C-S.....	67
Figura 9:	Esquema de aterramento TN-C.....	67
Figura 10:	Esquema de aterramento TT.....	69
Figura 11:	Esquema de aterramento IT.....	70
Figura 12:	Tipos de cabos elétricos com isolamento previstos na ABNT NBR 5410:2004.....	79
Figura 13:	Tipos de condutos.....	79
Figura 14:	Exemplo típico de queda de tensão em uma instalação de baixa tensão (BT).....	83
Figura 15:	Capacidade máxima de corrente para cabos com isolamento em EPR ou XLPE.....	86
Figura 16:	Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de fusão do fusível.....	102
Figura 17:	Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de atuação do disjuntor.....	103
Figura 18:	Interseção da curva da integral de Joule suportável pelo condutor com a curva da integral de Joule que o disjuntor deixa passar.....	103
Figura 19:	Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação.....	108
Figura 20:	Possibilidades de posicionamento do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes no uso de DPS.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Componentes da qualidade de projeto.....	34
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMN	-	<i>Asociación Mercosur de Normalización</i> (Associação Mercosul de Normalização)
ANEEL	-	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	-	Anotação de Responsabilidade Técnica (CREA/CONFEA)
BT	-	Baixa Tensão
CAU/BR	-	Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil
CB-03	-	Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT)
CDC	-	Código de Defesa do Consumidor
CEMIG	-	Companhia Energética de Minas Gerais
COBEI	-	Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações
CONFEA	-	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CONMETRO	-	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade
COPANT	-	<i>Comisión Panamericana de Normas Técnicas</i> (Comissão Panamericana de Normas Técnicas)
CPD	-	Centro de processamento de dados
CREA	-	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DPS	-	Dispositivo de proteção contra surtos.
DR	-	Dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual
DSI	-	Dispositivo supervisor de isolamento
IE	-	Instalações elétricas
IEC	-	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
ISO	-	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
MT	-	Média Tensão
MTPS	-	Ministério do Trabalho e Previdência Social
NBR	-	Norma Brasileira Registrada
NR	-	Norma Regulamentadora
RRT	-	Registro de Responsabilidade Técnica (CAU/BR)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E SITUAÇÃO PROBLEMA.....	14
1.2 OBJETIVO GERAL.....	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4 MOTIVAÇÃO.....	16
1.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	16
1.6 ESTRUTURA DO ESTUDO.....	17
2 EXPECTATIVAS NA VENDA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE UMA EDIFICAÇÃO	19
2.1 A OFERTA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	19
2.2 MOMENTO DA CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	22
2.3 A QUALIDADE NA GESTÃO DO PROJETO.....	24
3 O INÍCIO DO TRABALHO APÓS A CONCRETIZAÇÃO DA VENDA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	35
3.1 COLETA DE INFORMAÇÕES.....	35
3.2 ANÁLISE INICIAL NO ESCRITÓRIO.....	37
3.3 NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÕES GERAIS.....	39
3.3.1 Normas técnicas.....	40
3.3.2 Regulamentos.....	46
3.4 AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS EXTERNAS.....	49
4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	53
4.1 LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E PREVISÃO DE CARGAS.....	53
4.2 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO: CENTROS DE CARGAS E CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	55
4.3 ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO.....	59
4.4 SELEÇÃO DOS COMPONENTES E DIMENSIONAMENTO EM GERAL.....	72
4.4.1 Linhas elétricas – condutores e condutos.....	76
4.4.2 Dispositivos de proteção.....	90
4.4.2.1 Proteção contra choques elétricos.....	91
4.4.2.2 Proteção contra sobrecorrentes.....	97
4.4.2.3 Proteção contra sobretensões.....	105
4.4.3 Quadros de distribuição.....	112
4.4.4 Outros componentes.....	115
4.5 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	116
4.5.1 Alimentação normal.....	117
4.5.2 Alimentação de reserva	119
4.5.3 Alimentação de segurança.....	120
5 DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	123
5.1 DESENHOS – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA.....	123

5.2 MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS COMPONENTES.....	124
5.2.1 Memorial descritivo.....	125
5.2.2 Especificação técnica dos componentes.....	126
5.3 LISTA DE MATERIAL COM QUANTITATIVOS E PLANILHA ORÇAMENTÁRIA.....	126
5.4 MEMÓRIA DE CÁLCULOS.....	127
5.5 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA E ATESTADO DE REALIZAÇÃO DO SERVIÇO.....	128
6 REVISÃO FINAL DO PROJETO, ENTREGA AO CLIENTE E ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DA OBRA.....	130
6.1 REVISÃO FINAL DO PROJETO.....	130
6.2 ENTREGA AO CLIENTE.....	131
6.3 ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DA OBRA.....	132
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
GLOSSÁRIO.....	151

1 INTRODUÇÃO

Uma das primeiras etapas do processo de construção civil é constituída pelo projeto, tendo este um papel essencial para que se alcance a necessária qualidade na construção de edifícios, já que é nesta fase que serão organizadas as questões referentes ao espaço e às tecnologias que serão utilizadas na etapa da execução da obra.

No entanto, necessário se faz ressaltar que o projeto, objeto deste estudo, não se trata daquele utilizado na Engenharia de Produção de uma forma mais genérica e sim do projeto especificamente como documentação e planejamento para a realização de uma obra na construção civil.

Sendo assim, Melhado (1994) conceitua o termo 'projeto', na construção civil, como sendo aquela atividade ou serviço que integra o processo de construção, visto que este exerce a função de desenvolver, organizar, registrar e transmitir as características físicas e de tecnologia especificadas para a obra e que serão levadas em consideração na etapa de execução da mesma, observando-se que, para atender a necessidade de tal transmissão, o projeto precisa ser compreendido além do que simplesmente elaborar desenhos e memoriais descritivos, ou seja: "[...] não pode ser compreendido apenas como ele é visto pela arquitetura ou especialidades da engenharia, mas sim como uma atividade multidisciplinar, envolvendo desde análises de *marketing*, análise de custos, até decisões acerca da tecnologia e do processo de produção" (MELHADO, 1995, s/p).

Desta forma, para o alcance desses objetivos de forma eficaz, o projeto tem que ser elaborado de modo que represente a vontade do cliente, bem como, as especificações técnicas para a construção, propiciando assim que as variadas operações e técnicas que são necessárias para a construção de um edifício sejam realizadas corretamente, inclusive a parte que envolve a área de instalações elétricas.

Neste contexto, vale mencionar alguns projetos que poderão estar incluídos em um projeto de edificações, tais como o projeto de Cabeamento Estruturado (dados/voz), o projeto de Circuito Fechado de Televisão - CFTV, o projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA e o projeto de Instalações Elétricas (IE) propriamente dito, sendo todos de caráter obrigatório quando cada subsistema respectivo for requerido na edificação.

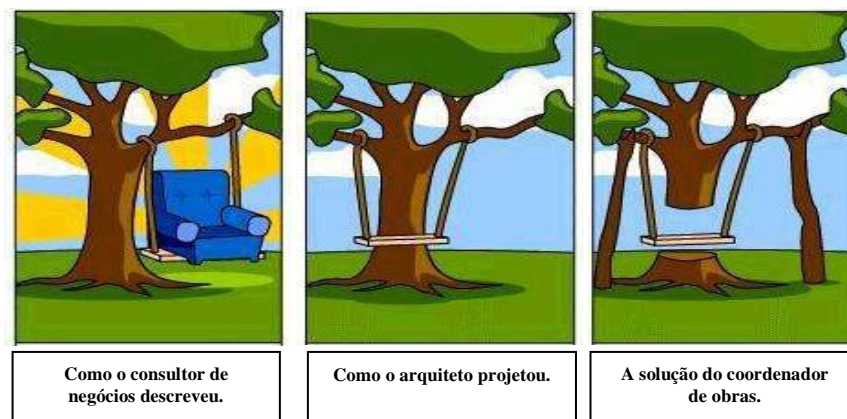
Sendo assim, o projeto de IE em uma edificação deve representar o planejamento da obra quanto a este subsistema e prever todos os detalhes pertinentes. Como muito se encontra

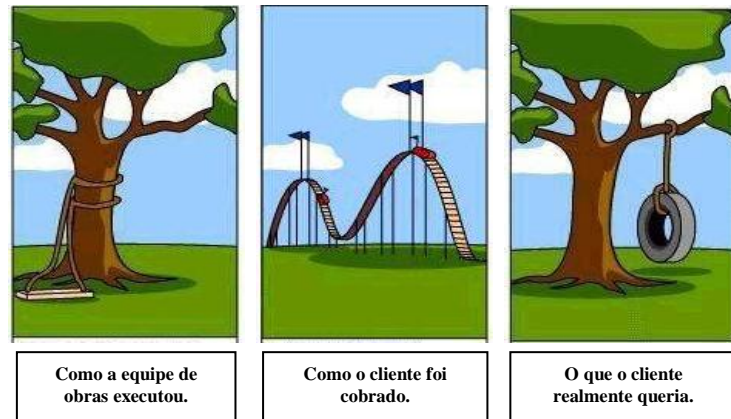
em literaturas, ele é tido como um dos projetos complementares ao projeto arquitetônico, pois descreve um dos subsistemas componentes da edificação. Não se deve confundir isto como secundário. A sua importância deve ser entendida como uma representação gráfica e dimensionamento do sistema elétrico, prevendo sua interação com os demais subsistemas existentes dentro do todo que é a edificação.

Além disso, este tipo de projeto, como todos os outros, em linhas gerais, devem trazer a representação gráfica completa, a especificação e dimensionamento de quantitativos dos componentes da instalação, bem como os detalhes específicos de montagem quando for o caso. A documentação entregue ao cliente deve contemplar condições para que o empreendimento seja orçado e planejado coerentemente para a sua realização. Acrescenta-se aí a questão de que ele releve as expectativas do cliente e esteja atendendo plenamente as normas adotadas na região de localização da edificação. Somado a isso tudo, obviamente, a apresentação dos desenhos e demais informações devem ser suficientes para uma adequada execução, não deixando dúvidas sobre a maneira de instalação dos elementos componentes da parte elétrica da edificação.

Contudo, nota-se que há uma real necessidade de melhoria nos trabalhos de projetos de IE de edificações no Brasil, partindo inicialmente dos próprios profissionais, os quais devem buscar uma maior valorização da atividade com comprometimento no serviço oferecido e executado, a fim de impossibilitar a ocorrência de erros e equívocos, conforme o exemplo da figura 1 abaixo.

Figura 1: Falta de congruência desde a concepção à entrega de uma obra.





Fonte: Adaptado de Melhado (2010, p. 14).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E SITUAÇÃO PROBLEMA

Projetar, por regra geral, consiste na apresentação de soluções concretas a serem implementadas para a resolução de certos problemas, e assim sendo, o projetista deverá buscar resolver tais problemas, seguindo as normas técnicas e de forma a atender as necessidades e objetivos do cliente.

Vale ressaltar que muitas vezes haverá várias alternativas para se alcançar a solução buscada, neste momento, cabe ao projetista examinar e avaliar as possibilidades existentes com cuidado e, finalmente, debruçar-se naquela que julgar mais adequada.

No entanto, é certo que também serão raras as vezes em que a opção a ser escolhida estará clara e inquestionável, visto que estarão sujeitas, por um lado, ao desejo do cliente e, por outro lado, ao entendimento pessoal do projetista, às exigências das normas técnicas, à segurança das instalações e de quem irá utilizá-las, às questões operacionais e questões financeiras envolvidas, exigindo-se assim uma grande capacidade de criação no sentido de buscar soluções possíveis dentro do contexto apresentado, bem como discernimento suficiente para que se realize uma comparação e uma escolha perfeita.

É importante salientar que a fase de elaboração do projeto consiste em uma das etapas mais importantes para a realização de um planejamento bem sucedido, o projetista deverá buscar, através das fontes que tem disponível, o máximo de informações possíveis e necessárias para que obtenha uma concepção geral do projeto que está desenvolvendo. Dentre os meios utilizados para este fim, pode-se citar o projeto arquitetônico, a planta do local, informações obtidas com o proprietário, arquiteto ou responsável, bem como os projetos complementares, sendo neste momento que o projeto de instalações elétricas, dentre outros, se

faz presente. Tão importante quanto os outros projetos dessa fase, o projeto de IE é deve garantir segurança para a edificação e para os usuários, visto que um mau projeto de IE pode trazer como consequências os riscos de incêndio, de queima de equipamentos, a perda de conforto e qualidade de vida dos usuários, dentre outras, motivo pelo qual necessita ser bem elaborado.

Portanto, o projeto de IE consiste na previsão escrita, detalhadamente, da instalação e contendo os locais dos pontos de utilização da energia elétrica, quais são eles; o trajeto e a seção dos condutores; a carga total e de cada circuito; os tipos e o local da instalação dos dispositivos de proteção, de comando e de medição de energia elétrica; dentre outras informações pertinentes e importantes para o projeto.

Sendo assim, um projeto de IE objetiva garantir a transferência de energia que provem de uma fonte até chegar aos pontos de utilização, de forma segura e eficaz, motivo pelo qual se faz necessário que este projeto seja elaborado com total observância às normas técnicas que são aplicáveis a cada caso.

Desta forma, e diante de todo exposto, este estudo buscará responder ao seguinte questionamento: Como desenvolver um Projeto de Instalações Elétricas para edificações, que cumpra as normas técnicas e regulamentações, satisfazendo as necessidades do cliente?

1.2 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo geral revisar o processo que envolve o projeto de instalações elétricas de baixa tensão em edificações, desde a solicitação de orçamento, passando pela contratação e as etapas a serem seguidas até a elaboração e entrega do serviço contratado, tendo como embasamento principal a NBR 5410 (ABNT, 2004).

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos almejados neste estudo são:

- Propor uma sequência para elaboração do projeto de IE de edificações com base nas normas pertinentes e sem pular etapas importantes.

- Conscientizar profissionais quanto à formalização de documentos consistentes e aplicáveis à obra.
- Salientar a importância do projeto de IE dentro do empreendimento.

1.4 MOTIVAÇÃO

Os motivos que justificam a escolha do tema proposto são:

- Poucas publicações sobre o assunto do ponto de vista da engenharia;
- Destacar a necessidade de consultas às normas técnicas e atualização profissional;
- Inadequação técnica e inconsistência dos projetos; e
- Atraso de cronogramas e aumento de custo nas obras.

1.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

De acordo com os objetivos traçados, este estudo tem como base a pesquisa do tipo exploratória, pois objetiva proporcionar um estreitamento maior com o problema abordado na busca de torná-lo mais aberto, conhecido, ou para possibilitar a construção de hipóteses que possam vir a solucioná-lo (SILVEIRA; CORDOVA, 2009).

Importante destacar que grande parte das pesquisas deste tipo são realizadas através de entrevistas com indivíduos conhecedores dos problemas pesquisados; de análises de exemplos acerca do tema ou por levantamento bibliográfico, que é o caso deste estudo, podendo também ser classificado como pesquisa bibliográfica ou estudo de caso (GIL, 2008).

O trabalho ora apresentado conta com uma quantidade significativa de colaborações bibliográficas que tratam sobre o assunto, entretanto, o diferencial está na experiência profissional de 25 anos que o mestrando possui e dos contatos que mantém até a presente data com projetistas ao longo de sua vida profissional, por isso é correto afirmar que este estudo está baseado tanto nas pesquisas bibliográficas quanto nas entrevistas com indivíduos conhecedores dos problemas que aqui serão expostos, concebendo assim um trabalho inédito e que poderá ser de grande valia e auxílio para os profissionais da área.

Sendo assim, pretende-se realizar um estudo aprofundado acerca deste tema, desde a expectativa na venda do serviço de elaboração do projeto de IE de uma edificação até a sua execução, buscando demonstrar, dentro deste contexto, a importância de se seguir as normas

técnicas, em destaque, a NBR5410 (ABNT, 2004) - Instalações Elétricas de Baixa Tensão, para que se atinja uma execução perfeita e que irá atingir a qualidade esperada pelo cliente. Deste modo, Fonseca (2002, p. 32) explica que:

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta.

Sendo o meio utilizado compreendido como bibliográfico e documental (VERGARA, 2005), este estudo terá como fundamento as normas técnicas que norteiam as IE, bem como livros, guias, artigos *on line*, documentos de domínio público produzidos por órgãos e empresas públicas brasileiras e a vivência profissional do mestrando, o qual atua há cerca de 25 anos nesta área.

1.6 ESTRUTURA DO ESTUDO

Os capítulos que sobrevêm a fase introdutória deste estudo serão divididos da seguinte forma:

Iniciar-se-á o capítulo 2, em que será tratado acerca das expectativas na venda do serviço de elaboração do projeto de IE de uma edificação, onde será discutido o tipo de serviço a ser oferecido quanto às características e momento da contratação em relação ao empreendimento, assim como a estrutura do escritório de projetos.

No Capítulo 3, será realizada uma análise sobre o início do trabalho após a concretização da venda do serviço de elaboração do projeto de IE, abordando-se a coleta de informações relevantes ao bom projeto, a análise e gerenciamento dos dados iniciais no escritório, a necessidade de se ter conhecimento e domínio das normas técnicas e regulamentações sobre IE e sua aplicabilidade para a execução de cada projeto, bem como uma avaliação inicial das influências externas que interferirão nas escolhas das instalações elétricas que serão projetadas.

O capítulo 4 abordará o desenvolvimento do projeto de IE, momento em que serão dissertadas questões como a alocação de pontos de utilização de energia elétrica e

levantamento de cargas, a divisão da instalação - centros de cargas e circuitos elétricos, o sistema de aterramento, a seleção dos componentes e o dimensionamento em geral (condutos, condutores, dispositivos de proteção, quadro de distribuição e demais componentes) e a forma de fornecimento de energia elétrica.

O capítulo 5 trará comentários e orientações acerca das documentações do projeto de IE, quais sejam, os desenhos – representação gráfica; o memorial descritivo e especificação técnica; as planilhas com itens, quantitativos e orçamento; a memória de cálculos e a anotação de responsabilidade técnica, que atesta a realização da prestação de serviço.

Por fim, no capítulo 6, será explicado sobre a revisão final do projeto; a entrega ao cliente e o acompanhamento na execução da obra, bem como acerca dos procedimentos de um *checklist* final para entrega do serviço; da explanação geral da documentação a entregar ao cliente e da verificação das soluções do projeto na execução da obra.

2 EXPECTATIVAS NA VENDA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE UMA EDIFICAÇÃO

Ao se propor a construção de edificações, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, há que se buscar garantir uma obra segura e de qualidade em todos os sentidos, e para isso deve-se contratar profissionais habilitados e capacitados para elaborar os projetos da sua execução.

Sendo assim, neste capítulo, em que será tratado como se estruturar na venda do serviço de elaboração do projeto de IE de uma edificação, será discutido o tipo de serviço a ser oferecido, bem como as características e momento da contratação em relação ao empreendimento e acerca da estrutura do escritório de projetos, questões de extrema importância e que merecem atenção neste estudo.

2.1 A OFERTA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Várias são as maneiras encontradas no mercado quanto à procura de empresas ou profissionais que executem o serviço de elaboração de projetos de instalações elétricas para um dado empreendimento.

Quanto ao tipo de edificação, vai desde uma simples residência até uma complexa instalação industrial, passando por residências luxuosas, prédios residenciais, comerciais e indústrias de pequeno, médio e grande porte.

O tipo de cliente que procura por este tipo de serviço é variado, normalmente seu perfil inicia-se com o interesse direto do proprietário que quer construir sua residência e procura um profissional indicado por algum conhecido até aquele cliente que coordenará uma equipe de projetistas, normalmente com comprovação de experiências, para elaboração de toda uma documentação capaz de programar sob todos os âmbitos um empreendimento de grande valor, complexidade e especificidade. Cabe, então, ao profissional ou empresa que queira oferecer estes serviços, saber se colocar no mercado e vender o produto na medida de sua capacidade de desenvolvimento e interesse de atuação.

Isto porque, os projetos de uma edificação não podem ser entendidos como um simples desenho para satisfazer tão somente às exigências de órgãos responsáveis pela

fiscalização de atividades na área da construção civil. É muito mais que isso. O profissional responsável tem que procurar oferecer um serviço de qualidade, que prima por uma otimização de custos, atenda às expectativas do cliente e permita a boa execução da obra com uma documentação consistente com as normas pertinentes ao assunto.

Seja qual for o tamanho da edificação ou sua complexidade, o responsável técnico do projeto não pode pensar isoladamente, como se o sistema de instalações elétricas fosse o único a existir ou que os problemas de possíveis interferências de uma parte com outra se resolva na construção. Este é um erro primário que deve ser evitado ao máximo, pois poderá levar a um descrédito do trabalho desenvolvido.

Outro fator importante a ser relevado é sobre o produto a ser oferecido ao cliente. O projeto tem que atender ao que for solicitado pelo cliente quanto à exequibilidade do empreendimento requerido, ou seja, o padrão de construção. Não adianta, por exemplo, fazer um projeto de instalações elétricas que envolva as mais avançadas tecnologias de automação, que propicie conforto e facilidades ao usuário, mas que irá acarretar custos muito além daqueles previstos inicialmente e que, provavelmente, ocasionará a inviabilidade ao público alvo do empreendimento, comprometendo os resultados do investimento.

Por outro lado, o projetista jamais deverá transgredir a técnica e as normas vigentes para propor uma possível solução de diminuição de custos na obra, buscando assim conquistar o cliente, visando, por exemplo, a execução das instalações elétricas. É um erro grave que pode imputar desde a perda de credibilidade no mercado até consequências jurídicas. Importante observar também que se o erro for por desconhecimento ou negligência, não diminui as possíveis punições ao profissional. Desta forma, é necessário que o projetista saiba onde ele está propondo seu serviço com base no seu conhecimento individual e ou de sua equipe, evitando problemas futuros.

Ademais, o responsável técnico tem que se ater com as suas ferramentas de trabalho, visto os prazos que terá para a entrega dos projetos contratados. A tentativa de diminuição dos prazos de entrega deve ser constante com base naquilo que o mercado oferece em termos de *softwares* dedicados e compatíveis na utilização com o nível do serviço a ser prestado. No entanto, é fundamental conhecer também as limitações destas ferramentas para não ser surpreendido no desenvolvimento do trabalho e ter o resultado comprometido.

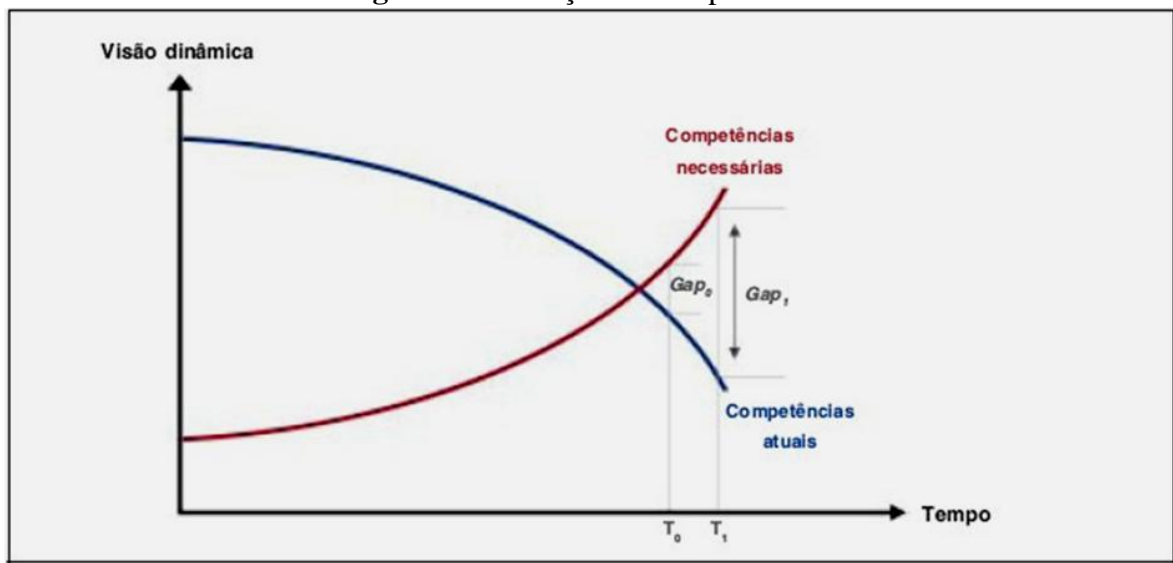
A atualização de conhecimentos e busca de melhorias no processo produtivo são muito importantes na área de elaboração de projetos, como em todos os processos de trabalho

desenvolvidos pelo homem nesta era de alta concorrência. Por outro lado, é notório que o profissional deve ter a consciência completa de que o *software* é tão somente uma ferramenta que auxilia na elaboração do projeto, não sendo ele o determinante da melhor solução ou o substituto do profissional projetista.

A atenção no mercado tem que ser contínua, como também há que se avaliar as mudanças que ocorrem, novas exigências e o caminhar de procedimentos. O profissional ou empresa de projetos tem que saber gerir suas competências necessárias conciliadas com as áreas de atuação em que se enquadra.

Um fato importante para comparar as competências pode ser visto na figura 2, onde a adaptação de Brandão e Guimarães (2001) permite situar o ponto em que se encontra a organização entre o desempenho esperado pelo mercado e as competências já adquiridas.

Figura 2: Avaliação de competências.



Fonte: Adaptado de Ienaga (1998, apud BRANDÃO; GUIMARÃES, 2001, p. 11).

Caso as competências necessárias estejam maiores que as internas disponíveis, há a necessidade de ações para conseguir suprir este “gap” (lacuna) que, se não providenciado, tende a aumentar, podendo dificultar a concretização de novos negócios.

De acordo com Campos (2011), o complexo ambiente no qual as organizações estão inseridas, onde as alterações tecnológicas são comuns e requerem novas competências constantemente, tende a elevar a curva das competências necessárias para conseguir suprir os objetivos e metas organizacionais. Por outro lado, Campos (2011) alerta ainda, que a curva das competências atuais pode decrescer caso elas se tornem obsoletas. São estes entraves que

se deve avaliar periodicamente a fim de conseguir cumprir compromissos e também prosperar num mercado altamente concorrente, dinâmico e sujeito às intempéries da economia.

2.2 MOMENTO DA CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

No dia a dia da vida profissional, um projetista da área de instalações elétricas será contatado por possíveis clientes para a realização de um orçamento e proposta de prestação de serviço que tem como objetivo a elaboração dos projetos desta área, em momentos variados em que se encontram os respectivos empreendimentos.

Neste caso, a situação ideal é que todos os projetos estejam ligados à fase de planejamento, pois este é o principal objetivo dos mesmos. No entanto, é comum encontrar situações em que os projetos são contratados no decorrer da execução da obra por imposição de órgãos fiscalizadores, seja por falta de orientação do proprietário ou mesmo por negligência do mesmo quanto às necessidades de tais documentos, tendo a falsa ideia de estar economizando. Assim, a situação mais prudente é quando toda a equipe responsável pelos projetos seja contratada conjuntamente. Ou ainda, quando é finalizado o estudo preliminar para conciliação dos objetivos do cliente, com as condições de construção impostas pelos diversos órgãos controladores das disposições legais, tal como prefeitura, avaliação de condições ambientais, infraestrutura local, dentre outros.

Sendo assim, vale observar quatro situações em que tal contratação poderá ocorrer.

A primeira situação normalmente é feita por um escritório de arquitetura e ou de engenharia civil, os quais irão apontar as necessidades iniciais. Nesta fase, o projetista da área de instalações elétricas pode atuar como um consultor nas premissas de infraestrutura quanto ao sistema de energia elétrica do empreendimento e formas de atendimento ao mesmo, antecipando situações que porventura venham a suprir.

Um segundo momento, quando muitas vezes é realizada a contratação para elaboração do projeto da área de instalações elétricas, ocorre quando o projeto arquitetônico e o projeto estrutural e de fundação já se encontram confeccionados. Desta forma, não existirá aquela participação na etapa preliminar pelo projetista de instalações elétricas e algumas indagações iniciais terão que ser feitas aos responsáveis pelos projetos já prontos, bem como reuniões iniciais com os projetistas de outros sistemas para a realização da concepção inicial

do serviço a ser realizado. Na situação discutida anteriormente a esta, muitas destas premissas iniciais já estariam conhecidas. Contudo, não há problemas maiores de viabilidade de realização de um bom projeto e, se houver a necessidade de alguma revisão nos projetos já prontos, estas normalmente tendem a ser pequenas ou passíveis de realização, conforme acertos e concordância entre os diversos projetistas e o cliente.

A terceira situação existente e que começa a dificultar o bom andamento do empreendimento acontece quando a contratação dos projetos de instalações se realiza com a obra em início de execução, ou até já em andamento, com algumas etapas cumpridas, como a fundação por exemplo. Nesta situação, há atropelos de etapa e, conseqüentemente, o planejamento inicial estará comprometido com a provável oneração do empreendimento. Este crescimento dos custos tende a ser maior na medida em que mais avançada a obra esteja, sem todos os projetos em mãos da equipe executora. Motivo pelo qual poderão existir desacertos na obra que, possivelmente, ocasionarão retrabalhos, perdas de materiais, revisão de projetos, paralisações temporárias, podendo chegar ao caso mais extremo, qual seja, a inviabilidade na continuidade da obra.

Na contratação do projeto nesta situação, deve-se avaliar um custo maior para a realização do mesmo, pois haverá, no mínimo, necessidade de idas à obra e reuniões com a equipe executora, que dirá suas prioridades conforme o estágio da mesma. O projetista deve ser muito consciente sobre a conciliação do seu serviço com o tempo necessário para a realização, assim como com os prazos impostos pela obra. A seguinte pergunta tem que ser feita: vale à pena conceber o projeto perante a situação em que se encontra a obra, sua necessidade de cumprir prazos e correr altos riscos de trabalhos exaustivos e, por muitas vezes, podendo ser necessário gastos com revisões por motivos de atropelar etapas na concepção do mesmo? Se sim, o contrato tem que prever situações para não tornar em prejuízo o serviço realizado e não sucumbir aos desejos do cliente com realizações inconcebíveis a tal ponto de entregar um produto de má qualidade, sobre o qual não poderá se eximir da responsabilidade.

A quarta situação encontrada se dá quando a obra já se encontra em fase de finalização ou pronta e o cliente, muito provavelmente por ter sido notificado pelo sistema CREA/CONFEA ou CAU, ou em virtude de leis municipais em que a prefeitura exija o projeto de instalações elétricas como parte integrante da documentação para concessão da autorização de entrada em funcionamento da obra, solicite a elaboração de tal projeto e a responsabilidade técnica do mesmo perante o registro da ART (Anotação de Responsabilidade

Técnica), se engenheiro ou técnico, ou RRT (Registro de Responsabilidade Técnica) se arquiteto. É uma proposta de serviço quase sempre crítica para o profissional e que muitos não tem interesse em fazer, em virtude do curto tempo disponível que se terá para a concepção do projeto. Além disso, normalmente, não há nem um desenho retratando o que foi realizado na obra e, provavelmente, terá que ser feito um trabalho de campo para o levantamento daquilo que já se encontra instalado e buscando a compatibilização com as normas vigentes, o que poderá acarretar em resserviços na edificação, ocasionando perdas de materiais. Estes casos causam, na maioria das vezes, desgastes entre as partes e não há muito entendimento do cliente sobre o valor do serviço a ser cobrado pelo projetista. A pergunta do parágrafo anterior nesta situação é ainda mais preponderante para o profissional responder.

2.3 A QUALIDADE NA GESTÃO DO PROJETO

Perceber a qualidade depende da posição de cada parte envolvida no processo, sendo, entretanto, factível a aceitação de que é algo relacionado com a satisfação, o controle eficaz das atividades necessárias à realização de um serviço ou produto e a avaliação dos resultados obtidos. Nestas características básicas se encaixam os projetos de engenharia quanto ao aspecto qualitativo. Não há como dissociar a qualidade destes princípios.

Por outro lado, a qualidade pode ser vista sob diversos focos na área de projetos de engenharia, tais como a gestão do negócio em si desde o fato gerador, a condução das informações e a realização do produto que tem como objetivo principal propiciar a realização da edificação nos moldes pretendidos pelo contratante, a facilitação da execução pela construtora e a satisfação do usuário final. Quem elabora projeto na área de construção civil tem que estar considerando sempre os diversos clientes envolvidos no empreendimento e ciência de que cada parte tem seus objetivos a serem alcançados, por isso a relevância de controle de todo o processo e a objetividade de satisfazer cada um (empreendedor, empresa construtora e usuário final).

O assunto é vasto e diversos estudiosos como Campos (2011), Fabrício (2002), Melhado (1994, 2001), Romano (2003) e Vanni (1999) abrangem a qualidade no projeto de engenharia, suas interveniências e importância sobre o empreendimento como um todo. No entanto, o que é a qualidade? Segundo a NBR ISO 9000 (ABNT, 2005), ela pode ser entendida como o “grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”. Esta definição traduz sucintamente o enfoque dos autores citados acima nos seus

trabalhos, mostrando a complexidade do tratamento de projetos de engenharia para cumprir com sucesso suas etapas e objetivos no empreendimento, ou seja, para produzir um documento com qualidade positiva.

Nota-se, portanto, a necessidade de gestão eficaz da atividade de elaboração do projeto com o controle sobre todo o processo, seja nas informações recebidas, na identificação dos anseios do empreendedor, no entendimento das normas técnicas e regulamentações pertinentes e na produção de algo que atenda as expectativas da construtora e, posteriormente, do usuário final.

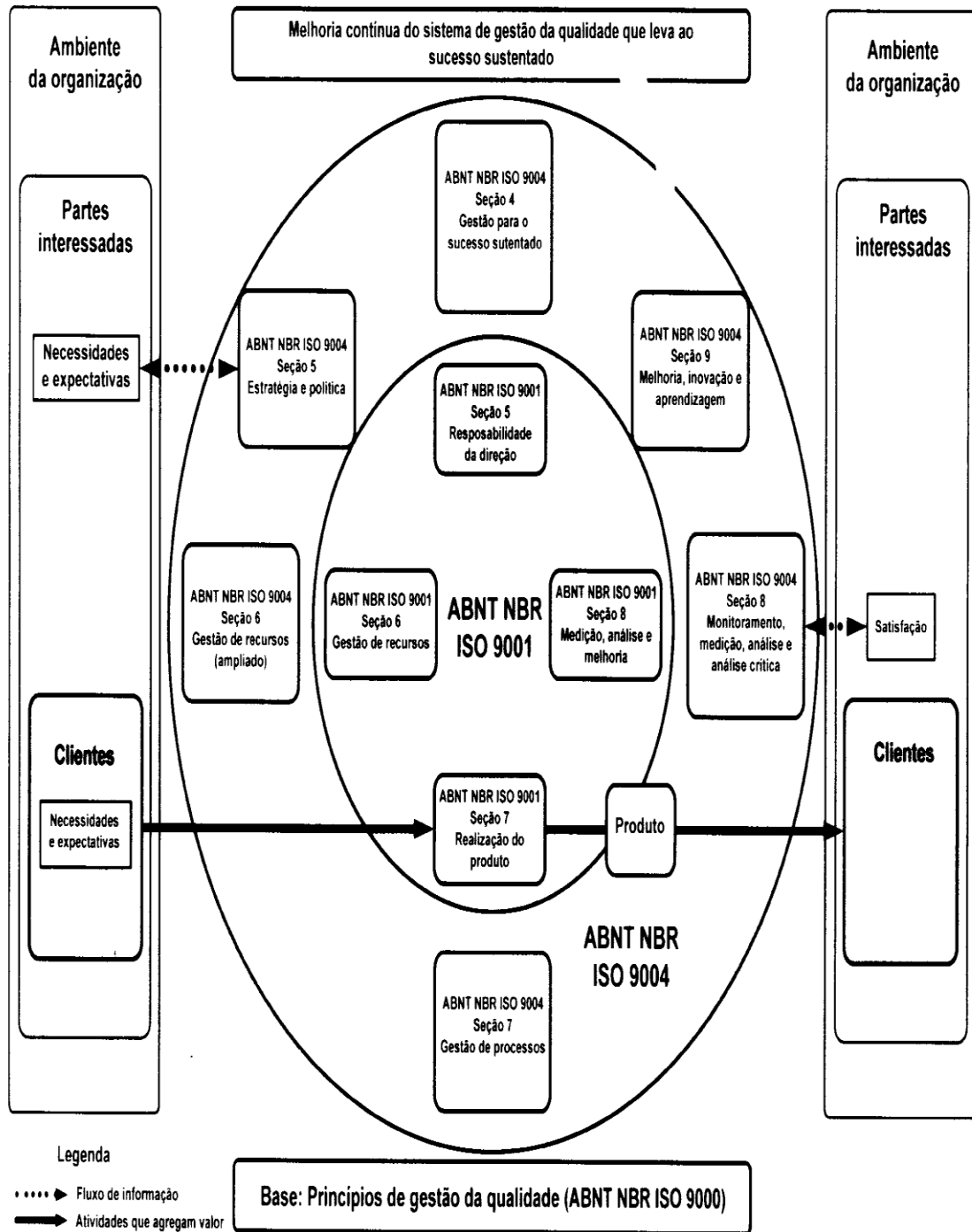
A gerência dos processos de elaboração dos projetos passa também pela organização da estrutura do escritório e como é controlada a qualidade dos serviços em geral. Desta forma, a utilização de ferramentas como a família de normas da *International Organization for Standardization* (ISO), que são editadas no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), podem ser implementadas nos escritórios de projetos para servirem no processo de controle da qualidade nos mesmos como aponta Campos (2011). Convenientemente, algumas destas normas merecem destaques para aqueles que pretendem encaminhar por este objetivo e preocupam com a evolução de seus negócios no campo de projetos de engenharia especificamente. Como destacado por Campos (2011, p. 96-97), “juntas, essas normas formam um conjunto coerente de normas sobre Sistema de Gestão da Qualidade, facilitando a compreensão mútua nos âmbitos nacional e internacional”.

- NBR ISO 9000 (ABNT, 2015): Esta norma teve sua versão mais recente publicada em 30 de setembro de 2015 e deve ser a primeira a ser conhecida dentro do sistema de gestão da qualidade (SGQ), pois trata dos fundamentos deste e estabelece os conceitos fundamentais que são aplicáveis a esta área.
- NBR ISO 9001 (ABNT, 2015): Juntamente com a NBR ISO 9000 (ABNT, 2015) teve sua versão atualizada e lançada em 30 de setembro de 2015. Ela trata dos requisitos para o sistema de gestão da qualidade que uma organização terá que dispor para demonstrar sua capacidade em fornecer produtos que atendam ao cliente e também às regulamentações aplicáveis, assim como aumentar a satisfação do cliente. Nesta última revisão, a norma trouxe uma intensidade maior sobre o pensamento baseado no risco embora isto já estivesse presente desde a primeira versão.

- NBR ISO 9004 (ABNT, 2010): Sua versão mais recente é aquela que entrou em vigor a partir de 14 de junho de 2010 e com versão corrigida que incorpora a errata de 21 de julho de 2010. Esta norma trata da abordagem da gestão da qualidade e serve como orientadora às organizações, independente de tamanho e atividade, para o alcance do sucesso sustentado. Em outras palavras, estabelece diretrizes que relevam tanto a eficácia como a eficiência do sistema de gestão da qualidade. O objetivo desta norma é proporcionar a melhora do desempenho da organização e a satisfação dos clientes e de outras partes interessadas.
- NBR ISO 19011 (ABNT, 2012): Tem sua versão mais atual válida a partir de 16 de maio de 2012. Esta norma fornece diretrizes sobre auditoria de sistemas de gestão de qualidade, incluindo os princípios de auditoria e também orientação sobre a avaliação da competência de pessoas envolvidas no processo de auditoria (gerenciador, auditores e a equipe como um todo).

A figura 3 pode elucidar como o sistema de gestão da qualidade pode ser realizado com base nas três primeiras normas apresentadas acima e como há uma congruência para aplicação das mesmas num processo, utilizando seus elementos. Além disso, são quesitos para uma certificação o conhecimento destes processos e a colocação em prática desta gestão nos processos de trabalho do escritório de projetos somado ao que estabelece na quarta norma citada acima (NBR ISO 19011).

Figura3: Modelo ampliado baseado em um processo de sistema de gestão da qualidade.



Fonte: NBR ISO 9004 (ABNT, 2010).

Numa visão sistêmica deve-se considerar que a qualidade no processo de projetos passa pelo planejamento e gestão da empresa prestadora de tal serviço, no seu aspecto administrativo-financeiro e no desenvolvimento do produto.

Quanto ao planejamento e gestão da empresa de projetos, os seguintes grupos de processos devem ser contemplados conforme cita Salgado (2007 *apud* CAMPOS, 2011, p. 99):

- i) Estratégias e políticas de atuação;
- ii) Planejamento e controle global da empresa – visão de planejamento global, custos e receitas, rentabilidade, risco e incerteza, etc.;
- iii) Planejamento e gestão de informática;
- iv) Planejamento e gestão de documentos.

Como citado pela mesma autora, estes grupos norteiam toda a organização e se relacionam com a qualidade dos produtos e serviços gerados (CAMPOS, 2011). Além disso, é nesta parte que devem ser verificados o planejamento estratégico com a definição de planos de meta e ação da empresa para alcançar os objetivos previamente estabelecidos. Juntamente, os meios de controle tem que estar definidos, visando o atendimento do plano de ação e perceber desvios com o propósito de atuar e proceder a ações corretivas quando necessário.

Quanto à qualidade no processo administrativo-financeiro da empresa de projetos, Salgado (2007 *apud* CAMPOS, 2011, p. 100) propõe que estejam assegurados nos seguintes itens:

- i) Atendimento pessoal e telefônico;
- ii) Gerenciamento de documentos;
- iii) Gerenciamento de *software*;
- iv) Gerenciamento de instalações e equipamentos;
- v) Aquisição de insumos e serviços;
- vi) Administração de recursos humanos;
- vii) Gerenciamento financeiro;
- viii) Gerenciamento de registros e documentos profissionais.

A percepção e tratamento da gestão financeira com base no conhecimento dos custos envolvidos para o desenvolvimento do trabalho exercido deve ser uma premissa importante para a composição do preço das atividades de projeto. O atendimento a esta questão é ponto fundamental para o gerenciamento administrativo e negociação de orçamento com o cliente, podendo ponderar os riscos envolvidos e determinar os pontos críticos para um contrato de prestação de serviços antes da celebração do mesmo.

Quanto à qualidade no processo de desenvolvimento do produto, isto é, do projeto, Salgado (2007 *apud* CAMPOS, 2011, p. 101) apresenta três subdivisões relacionadas à parte técnica dentro do escritório:

- i) Análise de viabilidade técnica do produto a ser desenvolvido;

- ii) Concepção; e
- iii) Desenvolvimento técnico.

Nesta parte, há que atentar para os requisitos das normas ISO quanto aos processos de desenvolvimento técnico como, por exemplo, o rastreamento de decisões de projeto, o controle de produto fornecido ao cliente e o de registros da qualidade. Agrega-se a isto, a necessidade de identificação dos aspectos que confirmem a adequação ao uso e a correta interpretação desses aspectos em qualidades do produto para garantia desta no âmbito dos processos de desenvolvimento do projeto e sob a ótica do contratante e usuário final.

Desta forma, as noções básicas para a qualidade no projeto foram até o momento tratadas e devem ser aplicadas nas estruturas que desenvolvem os serviços de elaboração de projetos de engenharia. Por outro lado, também deve ser discutida a qualidade do produto, ou seja, a qualidade do projeto em si que será o foco adiante, identificando elementos importantes para o alcance de níveis satisfatórios nesse produto.

Segundo Melhado (1994, p. 203) em sua tese, “a qualidade do projeto resultante será sempre fruto de vários fatores, intrínsecos ou extrínsecos, que condicionarão o seu desenvolvimento”. Desta forma, os fatores intrínsecos que contribuem, de acordo com Melhado (1994, p. 204) são:

- a competência dos profissionais de projetos que compõem a equipe, refletida na qualidade das soluções apresentadas (conteúdo);
- a existência de profissionais especializados para problemas específicos, envolvendo, por vezes, a presença de consultores;
- a padronização da apresentação das informações contidas no projeto (forma);
- a observação das necessidades e expectativas do empreendedor;
- a consideração das necessidades ligadas à produção e de controle da qualidade dos serviços;
- a coordenação das atividades e controle das interfaces entre projetistas.

Por outro lado, os fatores extrínsecos ao desenvolvimento do projeto citados por Melhado (1994, p. 204-205) são:

- a qualidade dos departamentos ou empresas envolvidas, ligadas ao empreendedor (incorporação e comercialização, especialmente; gerenciadora, eventualmente);
- a existência de normalização adequada, tanto aquela voltada aos critérios de projeto e dimensionamento, como as que tratam de conteúdo e apresentação dos projetos;
- a existência e a disponibilidade de acesso ao conjunto de informações técnicas necessárias à elaboração do projeto e especificações (o que pode ser suprido pelo banco de tecnologia construtiva);

- uma orientação clara e eficiente, por parte dos órgãos de aprovação, quanto às características do projeto determinadas por legislações aplicáveis ao caso.

Assim, as ações necessárias para a qualidade do projeto são delineadas apropriadamente por Cnudde (1984 *apud* MELHADO, 1994, p. 206) como sendo:

- harmonizar as relações entre o empreendedor e o autor do projeto, respeitado as exigências do usuário;
- aplicar as normas e exigências legais, inclusive quanto a aspectos urbanísticos;
- levar em conta as recomendações de normas técnicas quanto ao desempenho, padronização, etc.;
- adequar o projeto à finalidade e destinação da construção;
- considerar a viabilidade técnica da execução do projeto e as possibilidades do construtor e do cronograma;
- analisar o fator custo versus qualidade, para garantir o equilíbrio.

Em complemento, é procedimento poderoso como instrumento de gestão da qualidade a utilização de auditorias sobre todo o processo com o intuito de prover a análise crítica nas ações de avaliação periódica do sistema da empresa (MELHADO, 1994). Vale colocar também que a análise crítica do projeto em cada etapa de desenvolvimento do mesmo é um elemento imprescindível para a avaliação de sua qualidade e o alcance dos objetivos no empreendimento.

Seguindo nesta linha, as definições de racionalização e construtibilidade devem ser conhecidas e aplicadas pelos projetistas de todos os sistemas de um empreendimento, não deixando somente para a etapa de execução da obra. Assim, a racionalização construtiva pode ser entendida como “um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases” (SABBATINI, 1989 *apud* VANNI, 1999, p. 69).

Nesta concepção, a racionalização tem como objetivo principal conseguir a melhor produtividade, eficiência no trabalho e qualidade do produto com aproveitamento maior dos recursos disponíveis, relevando-se os procedimentos de execução nas fases de projeto (PERALTA, 2002). Desta maneira, os seguintes princípios de racionalização citados por Griffith (1986 *apud* VANNI, 1999, p. 70) devem ser seguidos na fase de projetos:

- a. construir numa mesma sequência;
- b. reduzir o número de operações na construção;
- c. simplificar o projeto de elementos;

- d. padronizar os componentes da construção;
- e. coordenar dimensionalmente os materiais.

A construtibilidade tem como uma definição bem aceita entre os estudiosos aquela realizada pelo *Construction Industry Institute – CII* (1987 *apud* VANNI, 1999, p. 71) como “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento”.

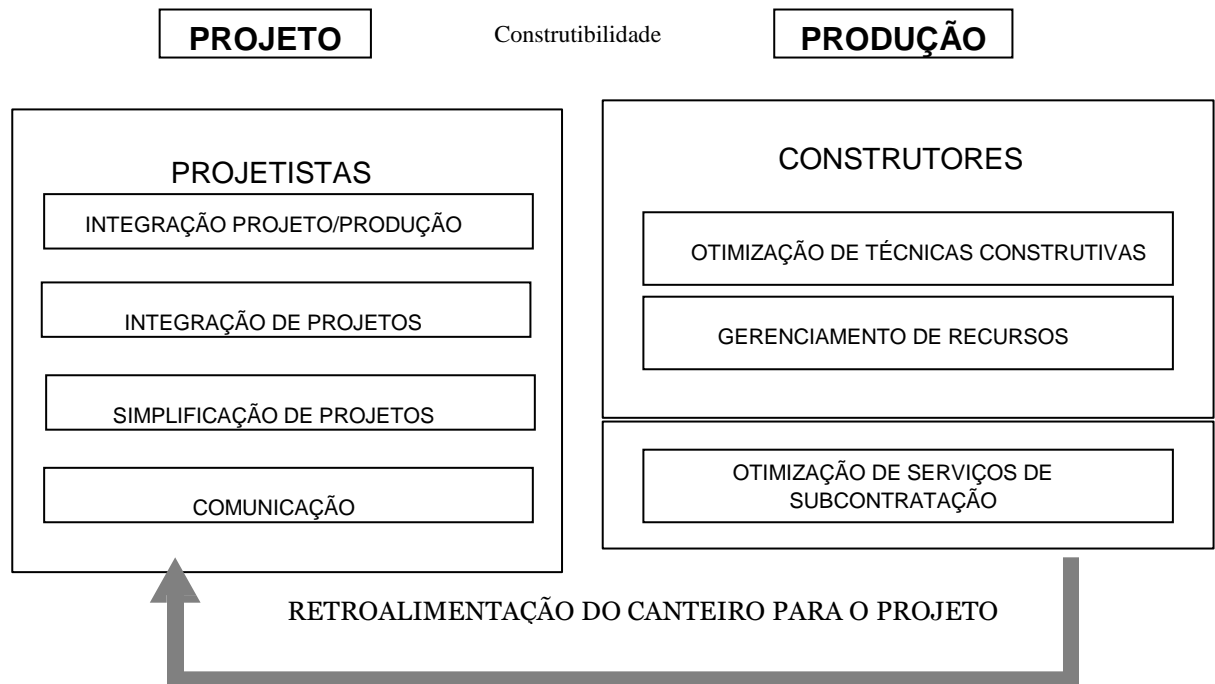
Assim, a construtibilidade tem como objetivo principal no projeto a facilitação para a execução da obra e, por conseguinte, é necessário que haja a participação de todos os envolvidos desde o projeto até a conclusão da obra. A realização do projeto passa pela consulta ao construtor e consultores de tecnologia construtiva com a intenção de adotar procedimentos executivos que levarão à racionalização de tempo e custo da obra (VANNI, 1999). A experiência dos projetistas em obras são também características fundamentais para a adoção de soluções facilitadoras ao processo de construção, não deixando decisões de projeto ou interveniências para o momento da obra.

Segundo O’Connor e Tucker (1986 *apud* MELHADO, 1994, p. 119), “fazem parte do conceito de construtibilidade a comunicação eficiente das informações à obra e o retorno do construtor ao projetista”. Numa maneira geral, na figura 4, os aspectos de construtibilidade podem ser apreciados com ênfase à integração, simplificação e comunicação entre as diversas etapas de um empreendimento.

Em suma, as diretrizes gerais de construtibilidade podem ser indicadas para todos os projetistas conforme Griffith e Sidwell (1995 *apud* RODRIGUEZ; HEINECK, 2000, p. 3-4):

- Simplificar os detalhes de projeto para simplificar a execução;
- Projetar para a habilidade e experiência de mão de obra disponível;
- Projetar para sequências práticas e simples das operações de construção;
- Projetar para substituições e tolerâncias práticas dos materiais/componentes no local do trabalho;
- Projetar para padronizar e usar o número máximo de repetições quando apropriado;
- Projetar para simplificar as substituições; e
- Projetar para uma fácil comunicação com o construtor.

Figura 4: Aspectos de construtibilidade.



Fonte: Adaptada de O'Connor e Tucker (1986 *apud* VANNI, 1999, p. 79).

Resume-se, então, que a construtibilidade pode ser entendida como “o emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica em vários níveis para racionalizar a execução dos empreendimentos, enfatizando a inter-relação entre as etapas de projeto e execução” (RODRIGUEZ; HEINECK, 2000, p. 2).

Outro elemento que é bastante participante para a obtenção da qualidade dos projetos num empreendimento é a compatibilização entre eles, dado a multidisciplinaridade e a realização, na maioria das vezes, por diferentes profissionais de cada um dos subsistemas necessários numa obra. A compatibilização de projetos pode ser definida como “a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção de padrões de controle de qualidade total de determinada obra” (SEBRAE, 1995, p.17 *apud* CAMPOS, 2011, p. 59). Essa compatibilização tem como principal objetivo a redução e, se possível, a eliminação de conflitos entre os projetos de uma determinada obra com a intenção de simplificar a execução e otimizar a utilização de mão de obra e materiais, assim como a posterior manutenção (VANNI, 1999).

A princípio, a atividade de compatibilização entre os projetos deve ficar a cargo do coordenador com reuniões frequentes com a equipe de projetistas e controle das trocas de informações entre as diversas partes envolvidas. A participação de todos desde a fase

preliminar de elaboração de projetos é importante para o andamento mais harmônico do processo e possibilite uma solução que culmine na facilitação da execução da obra, evitando possíveis atrasos em face de problemas devido à falta de integração dos projetos. A compatibilização de projetos é uma atividade a ser exercida diversas vezes ao longo do desenvolvimento de projetos e não uma etapa de projetos (CAMPOS, 2011). Quem exerce a atividade de elaboração de projetos tem que estar ciente e inserido neste processo.

A consistência da qualidade no setor de projetos de engenharia da construção civil vem ganhando com a prática daquilo que se chama de engenharia simultânea que surgiu em torno de 1986. Ela contempla todos os elementos discutidos anteriormente com “a preocupação de redução do tempo de desenvolvimento dos empreendimentos, no aumento do valor do produto para o cliente e na redução de custos” (PERALTA, 2002, p. 39). A redução de incertezas do processo pode ser tida como uma característica fundamental da engenharia simultânea e, portanto, a diminuição de atividades que não contribuam para a conversão dos requisitos do cliente no produto final deve ser uma preocupação constante (PERALTA, 2002). Parte-se daí que os projetos devam ser concebidos de forma concomitante, havendo desde o início a integração entre as diversas equipes de trabalho que podem ser associadas parcial ou totalmente com apontamento de três formas possíveis de aplicação da engenharia simultânea, que não são excludentes e sim compatíveis, conforme coloca Melhado (2001, p. 77-78):

- A cooperação na etapa do programa, entre empreendedor e equipe de projeto;
- O chamado projeto simultâneo, envolvendo sistemas de troca de dados e métodos de trabalho conjunto entre os integrantes da equipe de projeto;
- A integração projeto-produção, incluindo detalhamento do projeto com a participação dos fabricantes de sistemas e dos construtores, assim como a adoção da etapa de preparação do canteiro de obras.

O projeto simultâneo força a eliminação da sequencialidade no desenvolvimento de projetos, porquanto requer o trabalho conjunto entre os projetistas e, além disso, foca de forma simultânea os aspectos relativos ao programa, ao produto e à produção (MELHADO, 2001). Por outro lado, neste mesmo trabalho, o autor coloca que na integração projeto-produção, projetistas, construtores e fornecedores realizam juntos os estudos das interfaces e detecção de possíveis incompatibilidades, disseminação das informações entre os responsáveis pela execução da obra e, assim, obtêm uma integração entre as colocações do projeto e a viabilização dos serviços de execução, favorecendo a retroalimentação da atividade de projeto e o aumento de conhecimento dos projetistas. É, então, a engenharia simultânea uma metodologia que requer integração das equipes, o uso de processos paralelos

para diminuir tempo de realização e a priorização de resultados satisfatórios com retroalimentação de informações precisas e checagens durante o próprio desenvolvimento do projeto.

Como um resumo final sobre a discussão da qualidade de projetos, é apresentado no quadro 1, os componentes propostos por Picchi (1993) que devem ser relevados pelos profissionais da área e os principais aspectos relacionados a cada um deles.

Quadro 1: Componentes da qualidade de projeto.

Componentes da qualidade do projeto	Subcomponentes	Principais aspectos relacionados
Qualidade do programa		Pesquisas de mercado Necessidades dos clientes Antecipação de tendências
Qualidade da solução	Atendimento ao programa	
	Atendimento a exigências psicossociais	Funcionalidade Estética Proteção Status
	Atendimento a exigências de desempenho	Segurança Habitabilidade Desempenho no tempo Economia na utilização
	Atendimento a exigências de otimização da construção	Racionalidade Padronização Construtibilidade Integração de projetos Custo da obra
Qualidade na apresentação		Clareza de informações Detalhamento suficiente Informações completas Facilidade de consulta
Qualidade do processo de elaboração de projetos		Prazo Custo de elaboração de projetos Comunicação e envolvimento dos profissionais

Fonte: Picchi (1993, p. 304).

3 O INÍCIO DO TRABALHO APÓS A CONCRETIZAÇÃO DA VENDA DO SERVIÇO DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Após a explanação acerca das etapas e situações vivenciadas durante o processo de expectativa e efetiva contratação do serviço de elaboração do projeto de instalações elétricas, enfatizando a importância da elaboração de um projeto de qualidade, buscar-se-á neste capítulo demonstrar a necessidade da existência do projeto arquitetônico com leiaute e do projeto estrutural, para que assim possa dar início às atividades de elaboração do projeto de instalações elétricas.

Será demonstrado que, após a coleta dos dados iniciais, se faz importante realizar uma primeira análise para reunir com as equipes de projetos de arquitetura e estrutural, a fim de sanar dúvidas que porventura existam, bem como levar informações e uma primeira sugestão de localização da medição de energia elétrica e as formas de atendimento possíveis oferecidas pela concessionária.

As normas técnicas e as regulamentações que norteiam a execução deste tipo de trabalho, os quais tornam as normas de instalações elétricas ou correlatas, entre outras, de uso obrigatório, também são alvo deste capítulo. Buscar-se-á com esta seção conscientizar os profissionais e usuários acerca do que é considerado norma técnica e regulamento, bem como demonstrar a importância de o profissional se ater a eles, não sendo prudente negá-los ou negligenciá-los, visto que em uma eventual questão judicial eles servirão de base para dirimir qualquer questão técnica.

Para finalizar este capítulo, serão tecidos comentários acerca da necessidade de se realizar a avaliação das influências externas, evitando-se assim a ocorrência de erros que poderão resultar em um risco desnecessário tanto para as edificações quanto para os usuários.

3.1 COLETA DE INFORMAÇÕES

A fase inicial para a realização de um projeto consiste certamente na busca das informações preliminares que podem provir de diversas formas. Seja qual for a fonte dos dados, ela deverá ser documentada convenientemente para evitar algum tipo de transtorno futuro entre as partes envolvidas. Esta é uma forma prudente que o profissional deve-se ater para a comunicação com o seu cliente durante todo o andamento do serviço contratado.

Relacionado ao projeto de instalações elétricas especificamente, há a necessidade da existência do projeto arquitetônico básico da edificação. Desta forma pode-se obter os seguintes componentes deste projeto:

- Todas as plantas baixas dos pavimentos com a identificação de cada ambiente constituinte, bem como a posição de portas, janelas, escadas, *shafts* (poços), caixa de elevadores, além dos dados sobre piso, parede e teto.
- Os cortes necessários que detalham, por exemplo, o tipo de escadas quando existirem, a altura dos pavimentos, a altura de instalação dos forros quando utilizados e as vistas de telhados ou avanços de lajes.
- A planta de locação da edificação no terreno e a situação deste com relação a seus limites de divisa com a via pública e outras propriedades.
- O leiaute com a disposição provável de equipamentos, móveis e elementos de construção (pias, lavatórios, área de banho, churrasqueira, piscina, etc.).

Outras informações a serem coletadas são aquelas pertinentes ao projeto estrutural e de fundação onde devem ser buscadas as seguintes informações:

- Posicionamento, dimensões e formatos dos elementos de fundação.
- Posicionamento, dimensões e formatos de vigas e pilares.
- O tipo de laje a ser utilizada com a espessura da mesma.

Estes dados são muito importantes e devem ser conhecidos pelo projetista da área de instalações elétricas para se evitar problemas no momento de execução da obra. É possível prever todas as interferências antecipadamente e serem dadas as soluções já na elaboração do projeto.

Uma forma também indispensável para a busca de informações é através de uma entrevista inicial com o proprietário e ou com o coordenador do empreendimento. O objetivo é, principalmente, levantar os dados sobre equipamentos, aparelhos específicos e sistemas requeridos que demandem a utilização de energia elétrica (alarme, interfone, sistema de bombas para a prevenção de combate a incêndio, sistema de automação da iluminação, sistema de geradores de energia elétrica, entre outros). Não sabendo todos os dados, pelo menos informarem as fontes de seus possíveis fornecedores para haver o contato e serem captadas as informações pertinentes.

É importante frisar que muitos dos componentes podem fazer parte de projetos que serão desenvolvidos em tempo concomitante com o projeto de instalações elétricas e, portanto, terá que acontecer a troca de informações entre os projetistas ou com a coordenação de projetos para complementar as soluções da parte de instalações elétricas. No entanto, o conhecimento deste fato desde a fase inicial torna possível uma programação que estabeleça prazos sem comprometer a data acordada inicialmente para a entrega do projeto. É notório, mais uma vez, constar estes eventos em atas de reuniões pertinentes ao fato. Apenas para exemplificar, é comum esta ocorrência de elaboração ao mesmo tempo entre o projeto de instalações elétricas e o projeto de instalações hidrossanitárias em que se prevê a necessidade da utilização de uma bomba.

Cabe nesta etapa incluir o conhecimento prévio do local de construção da edificação e verificar a existência ou não de rede de energia elétrica para fornecimento pela concessionária, posicionando os possíveis pontos de acesso à rede mais próximos do terreno em questão. Além disso, buscar informações preliminares junto à concessionária de energia elétrica sobre as condições de fornecimento no local da construção em função de um quantitativo de demanda estimado, seja para a fase de obra e ou para a edificação quando entrar em funcionamento.

3.2 ANÁLISE INICIAL NO ESCRITÓRIO

Reunindo-se todas as informações obtidas junto ao cliente, coordenador de projetos, projetistas em geral, concessionária de energia elétrica e no campo, deve-se começar a tratar os dados obtidos no escritório. A intenção é organizar tais informações de tal forma a procurar responder as seguintes questões:

- Existem dados conflitantes?
- Faltam ainda dados que são importantes para o início da elaboração do projeto de instalações elétricas ou que serão necessários ao longo de seu desenvolvimento?
- Os dados obtidos de outros sistemas que necessitam de pontos específicos de energia elétrica são suficientes para o dimensionamento e localização dos mesmos?

A maneira de como buscar responder estes questionamentos deve ser com critérios, analisando pontualmente cada informação e colocando as ponderações prudentes. Havendo conflito de informações, procura-se separá-las e levá-las ao coordenador de projetos ou arquiteto responsável ou gerenciador do empreendimento ou proprietário conforme seja a gestão do empreendimento. Além disso, o mesmo procedimento deve ser feito com a detecção de dados faltantes para a confecção do projeto de instalações elétricas.

Toda a comunicação ao responsável pela gestão do negócio deve ser documentada e da forma mais clara possível, mostrando os possíveis impactos no cronograma caso haja demora nas respostas. É importante solicitar prazos para a solução de cada questionamento principalmente para aqueles que venham interferir logo na parte inicial de elaboração do projeto de instalações elétricas. Duas importantes premissas que o projetista tem que se preocupar neste contexto, é quanto as suas responsabilidades de não deixar lacunas e nem acumular mais responsabilidades além daquelas que já lhe são imputáveis naturalmente. Estas premissas querem denotar a importância de se fazer detalhadamente o tratamento das informações obtidas e não querer queimar etapas com o intuito, muitas vezes, de ganhar tempo. A ordem é levantar os possíveis problemas, comunicar e requerer respostas com prazos estipulados. Não há alternativa melhor, pois, caso contrário, poderá acumular responsabilidades por medidas tomadas precipitadamente e sem respaldo.

Uma análise bastante atenta deve ser feita nos projetos arquitetônico e estrutural recebidos, verificando se há compatibilidade entre os dois para evitar possíveis retrabalhos mais adiante. Feito esta ponderação, outro aspecto é verificar no projeto arquitetônico as possíveis considerações sobre localização de quadro de medições de energia elétrica, ambientes próprios para quadros de distribuição de circuitos, subestação de energia elétrica, alimentação de reserva, alimentação de segurança, prumadas em edifícios de vários pavimentos, casa de máquinas para bombas e elevadores, entre outras especificidades

conforme a finalidade de uso da edificação. Deve-se ater com as dimensões dos ambientes se são suficientes ou não para acomodação das instalações ali requeridas e, em uso, a suficiência conveniente dos espaços para acesso e manutenção. Além disso, a preocupação com aspectos de ventilação natural também é importante.

Cabe neste momento um comentário sobre o que foi dito na seção 2.2 quanto à contratação de toda a equipe de projetistas conjuntamente. Relevando isto, os aspectos citados no parágrafo anterior podem ser antecipados caso haja uma participação efetiva da equipe de projetistas, atuando como consultores, antes da elaboração do projeto arquitetônico. Nesta fase de análise inicial, então, a atuação tende ser com uma conferência mais tranquila nas informações recebidas já que houve comunicações anteriores. A importância disto é que haverá mais envolvimento e fluidez nas comunicações entre os projetistas, ganhando todos e, principalmente, o empreendimento já que evitará muito provavelmente retrabalhos e consequentes atrasos no cronograma de projetos.

Vale lembrar que a experiência profissional do projetista de instalações elétricas já pode levá-lo a começar ir procurando algumas possíveis soluções projetuais e ir relacionando-as para poder fazer as devidas considerações futuras principalmente com a arquitetura, interações com outros sistemas na edificação e questões de normas e regulamentações locais. Levantar as discussões possíveis e levá-las ao cliente e projetistas de outros sistemas o quanto antes são prudentes para evitar problemas futuros com incompatibilidades de soluções e, novamente, retrabalhos.

3.3 NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÕES GERAIS

Uma grande discussão e dúvida entre os profissionais usuários de normas técnicas é se elas são obrigatórias ou não. Como define a própria Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as referidas normas são de uso voluntário e é esta a essência em todo o processo de elaboração, consulta pública e validação das mesmas antes de serem colocadas à disposição da sociedade para uso. No entanto, por algum dispositivo legal de órgãos oficiais, a utilização de determinada norma ou o conjunto delas poderá vir a ser compulsório. Esse fato não acontece somente no Brasil, ocorrendo em diversos países conforme as regulamentações de cada um. Os principais organismos internacionais de normalização como a *International Organization of Standardization (ISO)* e a *International Electrotechnical Commission (IEC)* que possuem membros representantes de vários países também preconizam a voluntariedade e

o consenso sobre o uso das normas para, então, procurar satisfazer uma padronização mundial com a intenção de facilitar a comercialização de produtos e serviços.

A ABNT é a associação que representa o Brasil nas organizações internacionais de normalização como a ISO e IEC e também nas regionais como a *Comisión Panamericana de Normas Técnicas* (COPANT) e a *Asociación Mercosur de Normalización* (AMN) (ABNT, 2011). Ela é uma entidade privada e sem fins lucrativos, criada em 28 de setembro de 1940. A ABNT tem a prerrogativa de ser o único Foro Nacional de Normalização até o momento e tem este reconhecimento desde a Resolução Nº 7, de 24 de agosto de 1992, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO, 1982).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas tem como um dos objetivos a gestão do processo de elaboração das normas técnicas, não sendo ela a elaboradora. As comissões de estudos formadas dentro de cada comitê é que são responsáveis pela elaboração ou revisão de uma norma a partir de uma necessidade detectada. Estas comissões de estudo são formadas por elementos que representam cada uma das partes que são o produtor, o consumidor e as entidades neutras (universidades e institutos de pesquisa, por exemplo). Produz-se um primeiro texto que é aprovado preferencialmente por consenso e coloca-se em consulta pública para sugestões, críticas e avaliação em geral. Posteriormente, encerrado o prazo da consulta pública, a comissão avalia as sugestões, acata ou não, chega a um novo consenso e, se aprovado, formaliza o texto final e entrega a ABNT para chancelar, publicar, divulgar e gerenciar a comercialização da norma.

A área de instalações elétricas tem suas normas gerenciadas dentro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03) ao qual está ligado o Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (COBEI) (ABNT, 2014). O COBEI é uma entidade fundada em 1908, sem fins lucrativos, mantida por entidades de classe e por empresas associadas. Cabe ao COBEI a responsabilidade de promoção, divulgação, desenvolvimento e sustentação às atividades de normalização técnica do setor eletroeletrônico. Adiciona-se a isto também o provimento do suporte técnico, financeiro e econômico do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), bem como garantir a participação brasileira na IEC e demais fóruns internacionais correlatos (COBEI, 2015).

3.3.1 Normas técnicas

No âmbito das instalações elétricas propriamente dita, as normas técnicas que

merecem destaques serão a seguir discriminadas e comentadas sucintamente, pois não podem ser esquecidas pelos profissionais da área de projetos conforme a aplicação a que se destinam.

a) NBR 5410 (ABNT, 2004) – Instalações elétricas de baixa tensão

Esta é considerada a norma mãe das instalações elétricas. Dentro da ABNT foi a terceira norma lançada e devido a isto era designada por NB-3, sendo a primeira relacionada à área elétrica. Esta denominação perdurou até a revisão de 1980 quando passou a ser designada por NBR 5410. O seu primeiro lançamento foi em 1941 e sucederam-se as edições de 1960, 1980, 1997 até chegar à revisão de 2004 que está válida até o presente momento. A partir da versão de 1980, esta norma passou a ser baseada na norma internacional IEC 60364: *Electrical Installations of Buildings*, mantendo-se este alinhamento até sua última versão com tendências a continuar neste perfil (MORENO *et al.*, 2011).

A norma vigente está dividida em nove itens principais mais doze anexos, sendo oito em caráter normativo e quatro em caráter informativo. Quanto a seus objetivos, item 1, esta norma aplica-se às instalações elétricas de baixa tensão principalmente de edificações, qualquer que seja sua finalidade de uso, com a intenção de garantir a segurança de pessoas e animais, a conservação dos bens e o funcionamento adequado. Agrega-se à aplicação as instalações elétricas de áreas descobertas das propriedades (externas às edificações), das instalações temporárias (por exemplo, canteiros de obra, feiras e exposições) e de reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas. Ela se aplica tanto às instalações novas quanto à reforma em instalações existentes. Relacionado aos parâmetros elétricos, a aplicação desta norma concentra-se em:

- Circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada e frequência inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua;
- A toda fiação e linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e
- Às linhas elétricas fixas de sinal (excetuando os circuitos internos dos equipamentos).

Por outro lado, deve ficar claro que esta norma não se aplica às instalações de tração elétrica, instalações elétricas de veículos de qualquer espécie, iluminação pública, redes públicas de distribuição de energia elétrica, cercas eletrificadas, instalações em minas, entre outras.

Esta norma não dispensa o uso de outras complementares como a NBR 13534 (ABNT, 2008), NBR 13570 (ABNT, 1996) e NBR 5418 (ABNT, 1995) aplicáveis a instalações e locais específicos. Faz-se aqui uma observação, que a NBR 5418 (ABNT, 1995) foi cancelada e substituída pela atual NBR IEC 60079-14 (ABNT, 2009), versão corrigida 2013, que já se encontra também em processo de revisão neste presente momento.

b) NBR 5419 (ABNT, 2015) – Proteção contra descargas atmosféricas

Esta norma embora não seja propriamente de instalações elétricas, cada vez mais vem merecendo a atenção dos profissionais visto que os subsistemas de uma edificação não existem isoladamente. As devidas proteções das edificações contra descargas atmosféricas e também de pessoas e animais são o principal objetivo desta norma. Na sua última revisão (MODENA, 2015), tendo entrado em vigor a partir de 22 de junho de 2015, sofreu uma grande reformulação em relação à versão anterior de 2005, seguindo a proposição da norma IEC 62305:2010 – *Lightning Protection, parts 1 to 4* (MODENA, 2010). Na mesma forma, a última versão da norma brasileira vem dividida em quatro partes:

- Parte 1: Princípios gerais;
- Parte 2: Gerenciamento de risco;
- Parte 3: Danos físicos à estruturas e perigos à vida;
- Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

A parte 1 trata dos requisitos mínimos para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas. Na parte 2 são estabelecidos os requisitos para análise de risco em uma estrutura devido às descargas atmosféricas para a terra. Na parte 3 são vistos os requisitos para proteção de uma estrutura contra danos físicos por meio de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e para proteção de seres vivos contra lesões causadas pelas tensões de toque e passo nas vizinhanças de um SPDA. Na última parte, designada por 4, são fornecidas informações para o projeto, instalação, inspeção, manutenção

e ensaio de sistemas de proteção elétricos e eletrônicos (Medidas de Proteção contra Surtos — MPS) para reduzir o risco de danos permanentes internos à estrutura devido aos impulsos eletromagnéticos de descargas atmosféricas (LEMP).

Desta forma, a norma ficou bem mais detalhada e abrangente, preenchendo uma lacuna que havia até a versão anterior (2005) quanto à parte de surtos e proteção de equipamentos.

c) NBR 13534 (ABNT, 2008) – Instalações elétricas de baixa tensão – requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde

A versão atualmente válida desta norma entrou em vigor a partir de 28 de julho de 2008 e cancelou aquela com publicação em 1995. Ela está baseada na norma IEC 60364-7-710:2002 – *Electrical installations of buildings – Part 7-710: Requirements for special installations or locations – Medical locations*. Esta norma se destina especificamente às instalações em estabelecimentos de saúde e, porquanto, deve ser aplicada em situações de projeto, execução e manutenção nas edificações destinadas a esta finalidade (consultórios, clínicas, hospitais) (CASTELARI, 2010).

No entanto, esta norma deve ser aplicada conjuntamente com a NBR 5410 (ABNT, 2004), pois seus requisitos complementam, modificam ou substituem os requisitos de caráter geral desta última. Fica claro, então, que tudo não disposto diferentemente, permanecem válidos e aplicáveis os requisitos da NBR 5410 (ABNT, 2004). Um detalhe importante é quanto à permanência da sequência de numeração das seções, subseções e parágrafos da NBR 5410 (ABNT, 2004) harmonizando a correspondência e, quando há acréscimo de requisitos, eles estão numerados a partir de 101 e, no caso dos anexos, como AA e BB.

O fato relevante para a aplicação desta norma é que, em ambientes assistenciais de saúde, há que se ter a garantia da segurança dos pacientes submetidos a procedimentos com o uso de equipamentos eletromédicos. Num local médico, a cada atividade e função desenvolvidas correspondem requisitos específicos de segurança que devem ser respeitados e adotados. Esta norma classifica áreas médicas conforme o quesito de segurança quanto ao tempo de interrupção de energia elétrica máximo para os pacientes sob determinados procedimentos, inclusive aqueles de cirurgia, unidades de tratamento intensivo (UTI) e problema cardíacos. Além disso, prevê procedimentos também quanto à adoção de proteção conveniente contra choques elétricos para pacientes e profissionais. Uma particularidade é a

indicação dos locais em que o sistema de aterramento adotado deva ser o IT médico com supervisão (RAMOS, 2009).

Cabe salientar que esta norma não se aplica a equipamentos eletromédicos, sendo recomendada para isto a série de normas da ABNT NBR IEC 60601.

d) NBR 13570 (ABNT, 1996) – Instalações elétricas em locais de afluência de público – requisitos específicos

As prescrições desta norma complementam, modificam ou substituem aquelas de caráter geral contidas na NBR 5410 (ABNT, 2004) para atendimento aos requisitos específicos de locais considerados como de afluência de público. Dentre seus objetivos, ela visa a garantia da segurança das pessoas e animais, o funcionamento adequado das instalações e a conservação dos bens nos locais assim caracterizados. A caracterização dos locais de afluência de público pode ser observada na tabela A.1 do anexo A conforme a finalidade de uso da edificação e a capacidade do número de pessoas, ou ainda, sendo considerados outros locais não constantes na tabela A.1 com capacidade mínima de 50 pessoas.

Um detalhe importante é que esta norma não se aplica aos ambientes não acessíveis ao público dos locais tidos como de afluência, como salas administrativas, técnicas ou operacionais e ambientes análogos. Quanto à aplicabilidade, ela é válida tanto para as instalações novas quanto para as reformas de instalações existentes, assim como as demais normas de instalações elétricas.

Destaca-se, entre outras informações, que os componentes instalados de forma aparente sejam de material não propagantes de chama, além de baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos e livres de halogênio.

e) NBR 14039 (ABNT, 2005) – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV

Esta norma teve sua primeira publicação em abril de 1998 devido à necessidade de substituição da NB 79 – Execução de instalações elétricas de alta tensão que vigorou até 1996 e abrangia as instalações na faixa de tensão de 0,6 a 15 kV. Passou pelas versões de 2000, 2003, chegando a esta em vigor desde junho de 2005. Ela se baseia na norma francesa NF C

13-200:1987 – *Installations électriques à haute tension règies* e na norma IEC 61936-1:2002 - *Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules* (MORENO *et al.*, 2011).

A estrutura desta norma segue a mesma sequência da NBR 5410 (ABNT, 2004), possuindo nove itens e um anexo normativo. Os seus objetivos estão explícitos no item 1, sendo aplicada a projetos e execução de instalações elétricas com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV na frequência industrial de modo a garantir segurança e continuidade de serviço. Além disso, a NBR 14039 (ABNT, 2005) abrange as instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica, sendo que as instalações especiais tais como marítimas, de tração elétrica, de usinas, pedreiras, luminosas com gases (neônio e semelhantes) devem obedecer também às normas específicas aplicáveis em cada caso.

Registra-se também que esta norma é aplicável às instalações novas, às reformas de instalações existentes e às instalações de caráter permanente ou provisório conforme exposto em seu item 1.5.

Esta norma não é aplicável às instalações elétricas de concessionários dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, no exercício de suas funções em serviço de utilidade pública. Ela também não se aplica às instalações de cercas eletrificadas e a trabalhos com circuitos energizados.

f) NBR IEC 60079-14 (ABNT, 2013) – Atmosferas explosivas – parte 14: projeto, seleção e montagem de instalações elétricas

Esta norma substituiu a antiga NBR 5418 (ABNT, 1995) em 13 de agosto de 2007, na sua versão de 2006. Após isto, ela passou por alteração em 2009 e, posteriormente, houve uma versão corrigida em 2011 e outra em 2013 que é a mais recente. Neste presente momento, esta norma entrou em processo de revisão sem data certa para a nova edição.

A norma é uma cópia fiel daquela original da IEC somente que traduzida para a língua portuguesa e publicada pela ABNT. Deve ser sempre consultada quando há área classificada, ou seja, área com risco de explosão e seguir os requisitos conforme a realidade da referida instalação.

3.3.2 Regulamentos

Referindo-se aos dispositivos legais no Brasil que tornam as normas de instalações elétricas ou correlatas, entre outras, de uso obrigatório, pode-se citar:

a) Código de defesa do consumidor (lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990)

Neste código há a seguinte citação que menciona a questão das normas em seu capítulo V, seção IV, artigo 39, inciso VIII:

É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas, colocar no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO).

Como a ABNT é o único fórum de normalização reconhecido pelo CONMETRO e as instalações elétricas fazem parte de um produto que é a edificação, é notório que a obrigatoriedade de seguir os procedimentos estabelecidos nas normas correspondentes da ABNT são verdadeiros em todas as suas etapas (projeto, execução e manutenção).

b) Condições gerais de fornecimento de energia elétrica – resolução normativa da ANEEL nº 414/2010 – direitos e deveres do consumidor de energia elétrica

Nesta resolução normativa, em vigor, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (ANEEL, 2010) fornece as diretrizes de direitos e deveres das partes envolvidas no fornecimento de energia elétrica que são o consumidor e a concessionária de distribuição de energia elétrica. A ANEEL é o órgão regulador do setor de energia elétrica no Brasil.

Em princípio, na resolução normativa da ANEEL nº 414/2010, no seu artigo 27, inciso I, que está inserido no capítulo do atendimento inicial, seção da solicitação do fornecimento, é citada a seguinte obrigatoriedade na alínea a: “observância, na unidade consumidora, das normas e padrões disponibilizados pela distribuidora, assim como daquelas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, naquilo que couber e não dispuser contrariamente à regulamentação da ANEEL” (ANEEL, 2010, n/p.).

Amparado neste fato as concessionárias disponibilizam suas normas de fornecimento e as condições para proceder a uma ligação de energia elétrica. Baseado nesta ponderação, elas colocam normalmente, dentre várias exigências, alguma relacionada ao atendimento de normas da ABNT como, por exemplo, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em suas normas de fornecimento em especial a ND-5.3 (CEMIG, 2013, p. 2-4):

As instalações elétricas internas de baixa tensão da unidade consumidora devem ser especificadas, projetadas e construídas de acordo com as prescrições das NBR-5410 e 5419, quanto aos seus aspectos técnicos e de segurança, e aquelas em média tensão de acordo com as prescrições da NBR-14039, quanto aos seus aspectos técnicos e de segurança.

Resultando, assim, em mais uma obrigatoriedade de utilização das normas da ABNT para satisfazer a uma regulamentação do setor com base na escolha da concessionária local de energia elétrica ou até de um órgão municipal ou estadual que imponha uma exigência dentro da sua área de jurisprudência.

c) Norma regulamentadora nº 10 - segurança em instalações e serviços em eletricidade

Esta é uma norma de segurança, dentre outras, com base na lei nº 6514 de 22 de dezembro de 1977, que respalda as questões de segurança sob o regime de trabalho da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Sua última versão entrou em vigor a partir da portaria MTE nº 598, de 7 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004). A norma regulamentadora NR 10 (PEREIRA; SOUZA, 2011) trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade. Nela há referências a normas técnicas da ABNT mesmo que indiretamente, pois cita normas oficiais e órgãos competentes nos seus itens 10.1.2, 10.2.8.3 e no anexo III colocando como um dos tópicos do treinamento obrigatório as normas brasileiras da ABNT, citando a NBR 5410 e NBR 14039.

Uma citação interessante sobre projetos elétricos está no item 10.3.8 da NR 10 onde dispõe sobre a necessidade de atendimento às “Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança no Trabalho, as regulamentações técnicas oficiais estabelecidas, e ser assinado por profissional legalmente habilitado”. Portanto, nos locais destinados à realização de trabalho sob o regime da CLT, é extremamente necessário considerar já nos projetos as questões impostas pelas normas regulamentadoras no que concerne à área de instalações elétricas, em especial, a NR 10.

Muitos profissionais vêm confundindo a NR 10 como sendo uma norma de referência técnica e isto não é verdade. Ela trata tão somente da parte de segurança nos serviços envolvendo eletricidade, colocando medidas de prevenção e controle exigidos, documentações necessárias e as condições mínimas para a realização de serviços que envolva a eletricidade e na proximidade dela. Além disso, identifica quem são os profissionais qualificados ou capacitados e os habilitados, fazendo a devida definição de cada um.

d) Obras públicas (lei nº 8666, de 21 de junho de 1993)

As obras para o setor público em geral são regidas pela Lei nº 8666 (BRASIL, 1993) que dispõe sobre a regulamentação de licitações e contratos da Administração Pública. No seu artigo 6, inciso IV, dentro da seção II (das definições) está escrito que “Projeto Executivo - o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT”.

Fica claro já na definição que nas obras públicas são aplicáveis as normas da ABNT, inclusive desde a sua concepção, isto é, os projetos. Neste caso, as normas da ABNT são obrigatórias e devem ser usadas sob todos os aspectos envolvidos com as obras públicas.

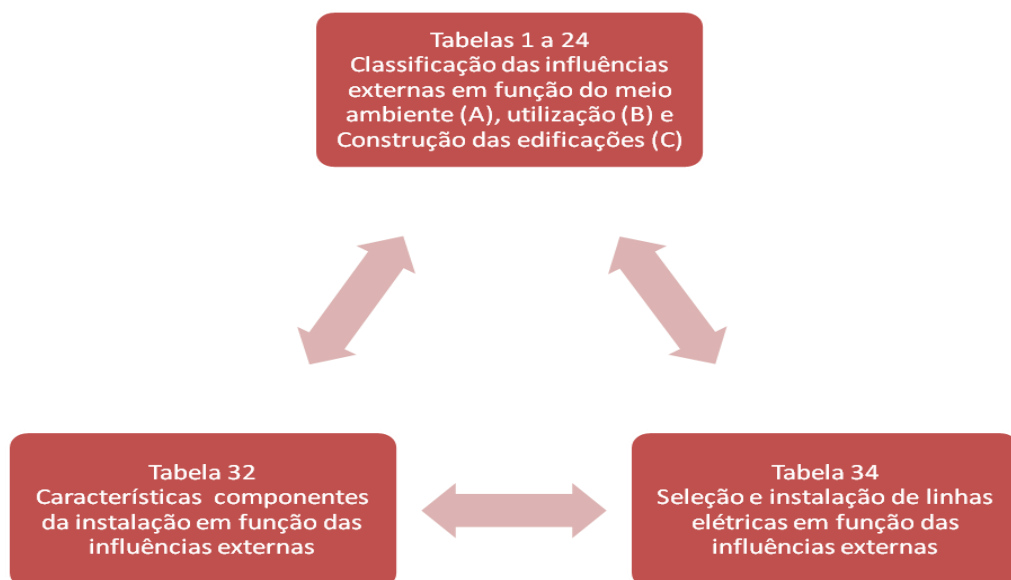
Diante do exposto no estudo deste subitem, espera-se que haja um entendimento acerca do que é considerado norma técnica e regulamento. Em princípio, a norma é algo consensual, ou seja, voluntário, já os regulamentos, em suas diversas modalidades, são de uso compulsório elaborado por um órgão oficial. A compreensão de que determinado regulamento torne as normas técnicas de uso obrigatório, é uma questão de escolha ou necessidade dos órgãos governamentais conforme mostrado nesta seção.

Outro fator a citar sobre normas é quanto à eventualidade de ocorrência de uma questão jurídica onde, normalmente, havendo uma perícia, as normas técnicas da ABNT são quase sempre referência nos levantamentos e apuração dos fatos. Portanto, não é conveniente ao profissional negar as normas, ou negligenciar partes delas. O entendimento e a aplicação das normas deve ser uma constante nos trabalhos de engenharia, contribuindo inclusive para atingir a excelência dos serviços e a melhoria contínua dos processos de serviços prestados.

3.4 AVALIAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS EXTERNAS

Cumprido os passos abordados nos itens anteriores, é necessário fazer uma classificação dos ambientes que comporão a edificação com base nos diversos parâmetros estabelecidos em norma quanto às influências externas (tabelas 1 a 24, item 4.2.6 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). É a partir destes parâmetros que os componentes em geral e as linhas elétricas da instalação deverão ser selecionados e instalados de acordo com as tabelas 32 e 34 da NBR 5410 (ABNT, 2004) respectivamente. A figura 5 ilustra adequadamente a relação entre todas estas tabelas da referida norma.

Figura 5: Relação entre as tabelas da NBR 5410 (ABNT, 2004) ligadas à classificação das influências externas.



Fonte: Moreno *et al.* (2011, p. 20).

Esta classificação das influências externas na NBR 5410 (ABNT, 2004) e também existente na NBR 14039 (ABNT, 2005) está baseada na documentação presente na norma IEC 60364-5-51:2001 e adaptada à questão brasileira. Consiste na consideração de que a instalação a ser projetada estará inserida num meio que tem suas características e, em função disto, requer o emprego correto na definição dos materiais da instalação para garantir desempenho satisfatório quanto aos aspectos de segurança e funcionamento.

A classificação das influências externas é composta por uma codificação alfanumérica que possui duas letras e um algarismo nessa ordem. A primeira letra indica a

categoria geral da influência externa e está dividida em meio ambiente (A), utilização (B) e construção das edificações (C). A segunda letra indica a natureza da influência externa. Assim, a composição das duas letras caracteriza os diversos parâmetros que são considerados na referida norma brasileira e apresentados a seguir:

a) Condições ambientais (A):

- AA – Temperatura ambiente;
- AB – Condições climáticas do ambiente (temperatura e umidade);
- AC – Altitude;
- AD – Presença de água;
- AE – Presença de corpos sólidos;
- AF – Presença de substâncias corrosivas ou poluentes;
- AG – Solicitações mecânicas (impactos);
- AH – Solicitações mecânicas (vibrações);
- AK – Presença de flora e mofo;
- AL – Presença de fauna;
- AM – Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes;
- AN – Radiações solares;
- AQ – Descargas atmosféricas;
- AR – Movimentação do ar;
- AS – Vento.

b) Condições de utilização (B):

- BA – Competência das pessoas;
- BB – Resistência elétrica do corpo humano;
- BC – Contato das pessoas com o potencial da terra;
- BD – Condições de fuga das pessoas em emergência;
- BE – Natureza dos materiais processados ou armazenados.

c) Condições relacionadas com a construção das edificações (C):

- CA – Materiais de construção;
- CB – Estrutura das edificações.

O algarismo que completa o código das influências externas indica a classe de cada parâmetro, podendo em muitos casos indicar o grau de severidade da influência constatada.

Assim, o projetista de instalações elétricas com as plantas baixas dos pavimentos da edificação deverá providenciar uma análise prévia de cada ambiente da edificação e identificar as influências externas presentes, classificando-as, visto que no momento da seleção e especificação dos componentes da instalação tais informações serão de suma importância. Na prática, veem-se muitos profissionais da área elétrica, sejam projetistas ou executores, que seguem desatentos com a classificação das influências externas e, por isso, nota-se diversas incorreções nas instalações elétricas de edificações. Cabe ao projetista deixar informado na documentação do projeto os dados corretos e detalhados dos materiais a serem utilizados, inclusive aqueles que mereçam uma atenção especial por determinada influência externa. Por exemplo, não se pode especificar um motor que ficará às intempéries do tempo da mesma maneira que um motor que ficará num ambiente abrigado sem a presença de água.

É notório que nem todas as influências externas estarão presentes ao longo da edificação. Muitas delas poderão ser desprezíveis ou inexistentes, mas a análise criteriosa há que ser precedida para a elaboração do projeto com o intuito de não cometer erros. Um exemplo de equívoco muito fácil de encontrar no dia a dia da construção civil é o caso de tomadas, interruptores ou luminárias concebidas para uso interno instaladas em áreas externas, seja pela questão custo ou maior disponibilidade no mercado. As consequências de um negligenciamento nas informações poderão levar a danos irreparáveis e comprometimento dos profissionais envolvidos. Cita-se, por exemplo, a utilização equivocada de material somente não propagante de chama nas instalações aparentes (eletroduto de PVC, é comum) em locais caracterizados como de alta densidade de ocupação de pessoas e percurso de fuga breve (código BD3 conforme tabela 21 da NBR 5410 (ABNT, 2004)), como é o caso de cinemas e teatros, quando deveria ser também com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos (eletrodutos de aço seria correto). Ocorrendo um incêndio, as pessoas ali presentes provavelmente inalarão mais fumaças e gases tóxicos, provocando mais óbitos, pelo uso inadequado de um material não apropriado ao tipo de ambiente.

Desta forma, são diversas situações que podem ser listadas e fazer pensar os profissionais quanto à falta de informações corretas, seja por qual motivo for, que poderá

trazer soluções incorretas e perigosas para a edificação e usuários quando da não análise das influências externas.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Após ter sido demonstrado a importância da existência de um projeto arquitetônico com leiaute e do projeto estrutural, bem como das providências e medidas preliminares que deverão ser tomadas, pode-se então dar continuidade aos trabalhos e iniciar, efetivamente, a elaboração do projeto.

Para tanto, neste capítulo será abordado o desenvolvimento do projeto de IE, momento em que serão dissertadas questões como a alocação de pontos de utilização de energia elétrica e levantamento de cargas, a divisão da instalação - centros de cargas e circuitos elétricos, o sistema de aterramento, a seleção dos componentes e dimensionamento em geral (condutos, condutores, dispositivos de proteção, quadro de distribuição e demais componentes) e a forma do fornecimento de energia elétrica.

4.1 LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E PREVISÃO DE CARGAS

Tendo os projetos básicos de arquitetura e estrutural, ou seja, na sua fase com todos os detalhes e quesitos já definidos, e com as informações citadas no capítulo anterior; é possível iniciar com segurança o trabalho propriamente dito de elaboração do projeto de instalações elétricas. A fase inicial desta etapa requer as plantas baixas de arquitetura com todo o leiaute para que seja definida a localização dos pontos de utilização de energia elétrica nos diversos ambientes da edificação. Uma premissa importante é quanto ao posicionamento destes pontos com relação ao leiaute do equipamento a ser atendido, levando em consideração a facilidade de acesso ao ponto e a segurança do usuário. A identificação de forma clara, concisa e objetiva do ponto de utilização é necessária para o correto procedimento de execução tanto a nível do material que será utilizado como da sua posição de instalação (parede, piso, teto ou forro) e altura de instalação quando for o caso.

Um conceito a partir da norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão NBR 5410 (ABNT, 2004) é de que os pontos de utilização de energia elétrica podem ser classificados, entre outros critérios, pela natureza da carga prevista (ponto de luz, ponto para aparelho de ar condicionado, etc.) e o tipo de conexão previsto (ponto de tomada ou ponto de ligação direta). Numa concepção aceita nas diversas literaturas da área para previsão é que as cargas podem ser divididas em três tipos gerais que são a iluminação, pontos de tomada de

uso geral e os pontos de tomadas de uso específico. A prescrição geral quanto à previsão de carga para um dado equipamento de acordo com o item 4.2.1.2.1 da NBR 5410 (ABNT, 2004) é a potência nominal por ele absorvida e informada pelo fabricante, ou calculada com os outros parâmetros também fornecidos pelo fabricante que são a tensão e corrente nominais ou a potência fornecida pelo equipamento, o rendimento e o fator de potência.

Seguindo a orientação normativa da NBR 5410 (ABNT, 2004), seja qual for o tipo de edificação, as cargas de iluminação deveriam ser determinadas através da NBR 5413 (ABNT, 1992) que foi cancelada em março de 2013 e substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Desta forma, há a necessidade de realização de um projeto luminotécnico para a edificação com o intuito de se determinar o tipo de iluminação a ser empregado, o quantitativo de pontos de iluminação requeridos e a distribuição correta do nível de iluminamento desejado por ambiente em função da atividade ali exercida e a ponderação de fatores como a idade média dos usuários. Uma única exceção prevista pela NBR 5410 (ABNT, 2004) é em ambientes habitacionais que ela permite utilizar os critérios mínimos para pontos de iluminação estabelecidos no item 9.5.2.1 em alternativa ao projeto luminotécnico.

As premissas da norma NBR 5410 (ABNT, 2004) quanto aos pontos de tomada são encontradas no item 4.2.1.2.3. Assim como feito para a iluminação, é especificado um critério de dimensionamento para os locais de habitação que se encontra no item 9.5.2.2, tratando tanto do número mínimo de pontos quanto do dimensionamento de carga a ser atribuído conforme o ambiente. As outras orientações existentes são de cunho geral e tratam, por exemplo, da questão de posicionamento do ponto de tomada quando destinado a um uso específico não distar mais de 1,5 m do equipamento e prever o número de tomadas na quantidade suficiente para tantos equipamentos que necessitem de conexão à rede elétrica. Destaca-se também a questão de atribuição da potência ao ponto de tomada. No caso dele ser para uso específico, o valor a ser atribuído é a potência nominal do equipamento ou a soma das potências dos equipamentos a serem alimentados. Quando o uso não for específico, a potência a considerar no ponto de tomada deverá ser aquela do equipamento mais potente que poderá ser alimentado ou a potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do respectivo circuito.

Uma observação importante feita por Cotrim (2009) é que para ambientes não habitacionais a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) não estabelece a quantidade mínima de pontos de tomada e nem a potência para os mesmos já que estes parâmetros, nestes locais, dependem do tipo de ocupação e necessidades específicas. No entanto, o autor propõe um

critério orientativo que pode ser seguido para a determinação da quantidade e potência das tomadas de uso geral em escritórios e lojas.

4.2 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO: CENTROS DE CARGAS E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Nesta parte, é desejável que todos os pontos de utilização de energia elétrica já estejam localizados em planta e conhecidos seus dados de alimentação, em especial, a potência. Desta forma, o projetista terá elementos suficientes para determinar a divisão da instalação e de que forma serão distribuídos os circuitos com base nas recomendações das normas pertinentes e, em geral, da NBR 5410 (ABNT, 2004).

Em princípio, os pontos de utilização de uma determinada área da edificação devem ser agrupados de acordo com o seu tipo e características de funcionamento, constituindo grupos homogêneos de cargas. Assim, por exemplo, não se deve misturar num mesmo circuito carga de iluminação com tomada para atendimento de uma máquina de lavar roupas numa residência. Outro exemplo, numa estrutura maior, não se deve agregar num mesmo quadro de distribuição os circuitos para atendimento de aparelhos de ar condicionado com os circuitos de tomadas de uso geral visando a ligação de aparelhos móveis e de pequena potência. Estas delimitações dependerão da experiência do profissional elaborador do projeto, mas a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) traz outras orientações básicas a serem seguidas e as boas literaturas da área de instalações elétricas enriquecem tais recomendações, tais como Cotrim (2009), Creder (2007), Mamede Filho (2010) e Niskier e Macintyre (2008).

No item 4.2.5, Divisão da instalação, a NBR 5410 (ABNT, 2004) prescreve que os circuitos devem ser de modo a atender às exigências de segurança, conservação de energia, funcionais, de produção e de manutenção. Quanto à segurança, cita-se que a falha em um circuito não pode privar de alimentação toda uma área. Quanto à conservação de energia, é necessário prever, por exemplo, o acionamento na justa medida das necessidades para a carga de climatização e ou de iluminação. Quanto à exigência funcional, por exemplo, é necessário viabilizar a criação de diferentes ambientes conforme a necessidade em auditórios, salas de reuniões, espaços de demonstração, entre outros. Quanto à produção, deve-se minimizar as paralisações resultantes de uma ocorrência. Por último, quanto à manutenção, exemplificando, deve-se prever a facilitação ou possibilidade de ações de inspeção e reparo. Além disso, devem ser consideradas já na divisão da instalação as necessidades futuras e as ampliações

previsíveis devem se refletir na potência de alimentação e também nos espaços de condutos e quadros de distribuição.

Outras condições recomendadas pela norma NBR 5410 (ABNT, 2004) quanto à divisão da instalação e não menos importantes são:

- A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos forem necessários, devendo cada um ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida de outro circuito.
- Devem ser previstos circuitos distintos para partes da instalação que requeiram controle específico, de tal forma que estes circuitos não sejam afetados pelas falhas de outros (exemplo: circuitos de supervisão predial).
- Conforme a alimentação das cargas, elas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a conseguir o maior equilíbrio possível.
- Quando houver na instalação mais de uma fonte de alimentação (rede pública, geração local, etc.), a distribuição de cada uma delas deve ser disposta separadamente e diferenciada claramente das demais. Não se admite a compatibilização de componentes vinculados a uma determinada alimentação com elementos de outra alimentação, salvo as seguintes exceções:
 - a) Circuitos de sinalização e comando no interior de quadros;
 - b) Conjuntos de manobra especialmente projetados para efetuar o intercâmbio das fontes de alimentação;
 - c) Linhas abertas e nas quais os condutores de uma e de outra alimentação sejam adequadamente identificados.

Acrescenta-se ainda algumas recomendações que, na prática, levam a uma melhor estruturação na divisão da instalação e são consideradas no desenvolvimento de projetos:

- “Não devem ser utilizados condutores com seção superior a 2,5 mm² em circuitos terminais de iluminação e tomadas de uso geral” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 6). Esta condição evita circuitos longos e a compatibilização com terminais de tomadas e aparelhos de iluminação comumente encontrados no mercado com utilização, principalmente, em edificações comerciais e residenciais.
- “A iluminação, de preferência, deve ser dividida em vários circuitos terminais” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 6). É uma conduta boa para haver uma melhor segurança e seletividade visto que a falha num circuito não comprometerá grande extensão de uma área da edificação.
- “O comprimento dos circuitos parciais para iluminação deve ser limitado em 30 m. Podem ser admitidos comprimentos superiores, desde que a queda de tensão seja compatível com os valores estabelecidos pela NBR 5410:2004.” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 6).
- “A NBR 5410 impõe, para as unidades residenciais e acomodações (quartos e apartamentos) de hotéis, motéis e similares, circuitos independentes para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A (1270 VA em 127 V ou 2200 VA em 220 V), isto é, circuitos individuais, com um único ponto, para tais equipamentos” (SOUZA; MORENO, 2001, p. 23). Embora obrigatório somente para unidades residenciais e correlatas, tal procedimento pode ser adotado para outros tipos de edificações, salvo em instalações industriais que requeiram outra situação (aparelhos móveis com cargas maiores, por exemplo).

Tendo-se concebido a divisão da instalação em circuitos, é preciso agregar estes circuitos nos chamados quadros de distribuição e poder situar estes nas plantas baixas da edificação. Os quadros de distribuição, numa forma geral, podem ser entendidos como os componentes de uma instalação elétrica destinados a receber energia de uma ou mais alimentações e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo incluir dispositivos de proteção, seccionamento, comando e ou medição (SOUZA; MORENO, 2001). É um conceito amplo que abrange, como exemplo, os quadros de luz, painéis de força, centros de medição e CCMs (centro de comando de motores), entre outros (SOUZA; MORENO, 2001).

A dúvida que provavelmente surge neste momento é quanto ao número de quadros

de distribuição numa instalação e qual o posicionamento dos mesmos. A princípio faz-se necessário o conceito de centro de carga que pode ser entendido como “o ponto teórico em que, para efeito de distribuição elétrica, pode-se considerar concentrada toda a potência (carga) de uma determinada área” (COTRIM, 2009, p. 129). Continuando, Cotrim (2009, p.129) ainda cita que “é o ponto em que deveria se localizar o quadro de distribuição ou a subestação da área considerada, de modo a reduzir ao mínimo os custos de instalação e funcionamento”. A determinação do centro de carga da área considerada se faz em função da potência e das coordenadas dos diversos pontos de utilização. Este cálculo pode ser generalizado para encontrar além da posição ideal dos quadros de distribuição terminal, ou seja, aqueles que atendem diretamente as cargas, como também para determinar o centro de carga para posicionamento ideal do quadro de distribuição de uma área que alimenta os quadros de distribuição terminal considerando da mesma forma as potências de alimentação destes e suas coordenadas.

Na prática, a localização dos quadros de distribuição nem sempre pode ser aquela do centro de carga calculado, seja por aspectos físicos inconvenientes (arquitetura, leiaute) ou por questões de segurança e manutenção. No entanto, a consciência do projetista de que deve estar em posição o mais próxima possível do centro de carga é necessária uma vez que influenciará drasticamente nos custos da instalação o tanto mais longe que ficar deste ponto. Em geral, as seguintes condições devem ser relevadas no posicionamento dos quadros de distribuição terminais conforme prevê Mamede Filho (2010, p. 2):

- a) No centro de carga.
- b) Próximo à linha geral dos dutos de alimentação.
- c) Afastado da passagem sistemática de funcionários.
- d) Em ambientes bem iluminados.
- e) Em locais de fácil acesso.
- f) Em locais não sujeitos a gases corrosivos, inundações, trepidações, etc.
- g) Em locais de temperatura adequada.

A localização do quadro de distribuição geral de baixa tensão deverá ficar próximo à unidade transformadora a que está ligado se atendido por uma subestação ou no centro de carga da instalação como um todo quando alimentado diretamente da baixa tensão. Havendo necessidade de quadros de distribuição intermediários entre o quadro de distribuição geral e os quadros de distribuição terminal da instalação estes devem atender as mesmas condições

citadas para os quadros de distribuição terminal conforme o tamanho da edificação seja em números de pavimentos ou na extensão horizontal destes.

Um breve comentário ainda se faz necessário sobre qual é o número ideal de quadros de distribuição numa determinada unidade consumidora. Esta é uma questão sem resposta pronta. Depende da finalidade de uso da edificação, do tamanho desta edificação relevando a estrutura da instalação elétrica necessária e as indicações mínimas das normas aplicáveis. Numa edificação residencial, por exemplo, dificilmente haverá uma separação de quadros de distribuição por tipos de carga (iluminação, tomadas, aquecimentos, refrigeração), mas, muito provavelmente, pelo menos um por pavimento e ou áreas edificadas em separado. Por outro lado, numa unidade industrial, dependendo de seu porte e atividade, haverá para cada edificação quadros de distribuição separados por tipos de cargas ali presentes e divididos pelos setores conforme o tamanho, número de equipamentos e potência dos mesmos. Podem até mesmo estarem divididos pelos valores de tensão necessários para atendimento de diferentes cargas. Assim, por exemplo, num determinado galpão pode existir equipamento que necessite de uma alimentação trifásica em 440 V, assim como motores em tensão de 380 V e cargas de iluminação em 220 V ou, ainda, a presença de um forno a arco de porte cuja alimentação é em 13,8 kV e dependa de uma subestação.

Por fim, não existe uma regra fixa, entretanto há que se ter entendimento sobre as condições impostas pelas normas aplicáveis ao tipo da instalação e as delimitações de bom senso do profissional para fazer as melhores escolhas quanto às divisões de circuitos e a determinação dos quadros de distribuição da instalação. Ponderam-se, então, as questões de custos, segurança, necessidades de seletividade e separação entre as cargas por tipo, bem como o quantitativo destas.

4.3 ATERRAMENTO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

A mística que existe em torno deste assunto se faz muito pela falta de entendimento e atualização dos profissionais quanto à ideia do que seja a concepção geral de proteção envolvida numa instalação de uma edificação, os conceitos pertinentes e suas aplicações. Assim, muitas prescrições das normas técnicas envolvidas têm sido negligenciadas ou mal interpretadas e, porquanto, serem desconsideradas em projetos de instalações elétricas e na execução da obra de uma edificação.

Sabe-se que a terra, ou seja, o solo pode ser considerado um condutor de corrente

elétrica pelo qual ela flui e se dispersa. A maneira como isso acontece depende, entre outros fatores, dos elementos constituintes do solo e suas resistividades típicas variantes com a temperatura e a umidade. São considerados solos com boa condutividade aqueles que apresentam valores de resistividade entre 50 e 100 $\Omega.m$ e, para comparação, cita-se a resistividade do cobre que é $17 \times 10^{-7} \Omega.m$ sob as mesmas condições de temperatura (COTRIM, 2009).

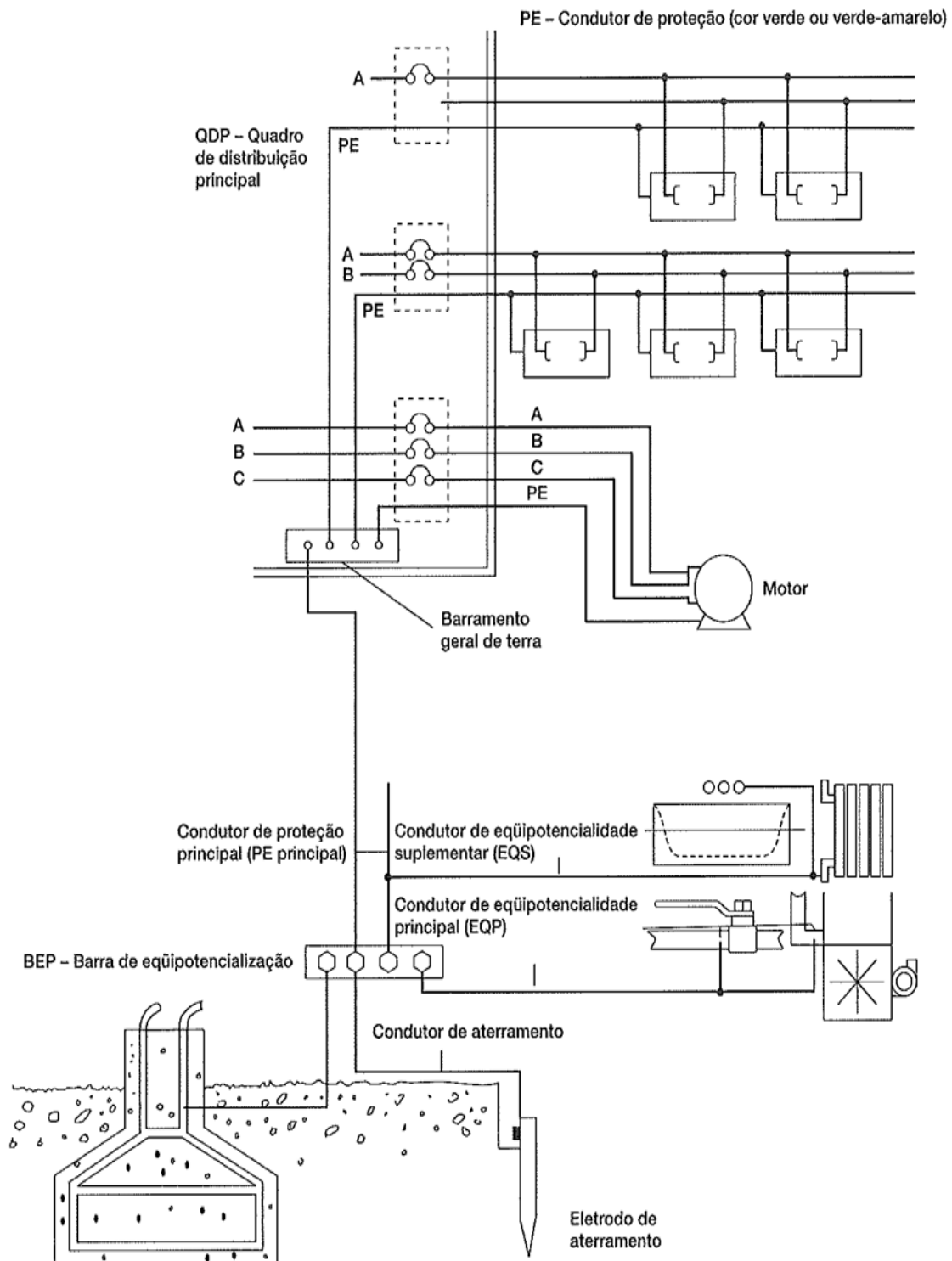
O termo aterramento pode ser entendido como a ligação intencional de estruturas, carcaça de um equipamento elétrico ou instalações com a terra, tendo como objetivo o estabelecimento de uma referência para a rede elétrica e também o caminho para a terra de correntes elétricas provenientes, por exemplo, de descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas e curto-circuito para a terra. O aterramento pode ser feito utilizando apenas os condutores elétricos necessários ou com a inserção intencional de uma impedância (resistor ou reator) no caminho da corrente à terra. Por outro lado, nas instalações elétricas, dois tipos básicos de aterramento são considerados:

- Aterramento funcional: É aquele em que há a ligação à terra de um dos condutores do sistema, geralmente o neutro, e se relaciona com o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação (COTRIM, 2009).
- Aterramento de proteção: É aquele em que há a ligação à terra das massas dos equipamentos elétricos e dos elementos condutores não pertencentes à instalação, visando à proteção contra choques elétricos por contato indireto (COTRIM, 2009).

Uma observação importante é que, sob certas condições, pode-se ter um aterramento combinado (funcional e de proteção) conforme descrito no item 6.4.7 da norma NBR 5410 (ABNT, 2004). Outra forma de aterramento encontrado nas instalações é aquele de cunho temporário, chamado de aterramento de trabalho, cujo objetivo é tornar possíveis e seguras as ações de manutenção em partes da instalação normalmente sob tensão, colocadas fora de serviço para esse fim.

O domínio de certas definições encontradas nas normas de instalações elétricas de baixa e média tensão sobre os elementos constituintes do aterramento e, que são apresentados e ilustrados na figura 6, é importante para a compreensão e interpretação correta das disposições encontradas nelas sobre o assunto:

Figura 6: Descrição dos componentes de aterramento de acordo com a ABNT NBR 5410:2004.



Fonte: Creder (2007, p. 131).

- Eletrodo de aterramento: Deve ser entendido como o único elemento condutor ou o conjunto de elementos condutores enterrados no solo para constituir o aterramento. A

definição se aplica tanto a uma simples haste enterrada como a diversas hastes enterradas e interligadas, assim como a vários outros tipos de condutores em diferentes disposições. Na linguagem do dia a dia é mais comumente citada como a malha de aterramento. Em especial na NBR 5410 (ABNT, 2004), o assunto é tratado no item 6.4.1.1 onde é citado, por exemplo, os materiais comumente utilizáveis nos eletrodos de aterramento e suas dimensões mínimas, relevando-se as condições de resistência mecânica e corrosão. A NBR 5419 (ABNT, 2015) também deverá ser consultada para as recomendações quanto à configuração do eletrodo de aterramento relativas à proteção contra descargas atmosféricas e integração do mesmo para todos os subsistemas de uma determinada edificação.

- **Barramento de equipotencialização principal (BEP):** É um barramento (ou terminação) a ser instalado na edificação para onde devem convergir direta ou indiretamente todos os condutores com a função de proteção. Assim, dentre outros elementos, o condutor de aterramento, os condutores de proteção principais (PE), os condutores de equipotencialização principais, os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação e as tubulações metálicas de água, líquidos, gases em geral, sistema de ar condicionado, etc. devem ser conectadas a este barramento. Ele deve estar localizado junto ou próximo do ponto de entrada da alimentação elétrica na edificação. A denominação utilizada até a versão anterior da norma, NBR 5410 (ABNT, 1997), era terminal de aterramento principal (TAP).
- **Condutor de aterramento:** É o condutor que interliga o barramento de equipotencialização principal (BEP) ao eletrodo de aterramento. As disposições sobre este condutor encontram-se no item 6.4.1.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004) tal como as considerações sobre o seu dimensionamento.
- **Condutor de proteção:** Consiste no condutor de uma instalação que tem por função o aterramento das massas metálicas de equipamentos elétricos, protegendo pessoas e ou animais em eventuais contatos indiretos através da carcaça metálica de um equipamento que fica sob tensão em consequência de uma falha de isolamento interna e permitindo a atuação do dispositivo de proteção correspondente. Definem-se também como condutores de proteção principais aqueles que ligam o barramento de equipotencialização principal (BEP) ao terminal de aterramento (proteção) de cada quadro de distribuição da instalação.

O item 6.4.3 da NBR 5410 (ABNT, 2004) descreve as condições de uso destes condutores, inclusive o seu dimensionamento mínimo necessário.

- Conductor de equipotencialização: É aquele condutor responsável pela interligação de elementos condutivos presentes numa edificação que não façam parte da instalação elétrica, mas passíveis de ficarem sob diferenças de potenciais perigosas para pessoas e animais numa falta, caso não existam esta conexão. Pode-se estender tal definição também para o condutor de interligação entre a massa de um equipamento elétrico e o elemento condutivo não pertencente à instalação elétrica. Os condutores de equipotencialização principais são aqueles com a função de igualização dos potenciais cuja ligação são diretamente ao barramento de equalização principal (BEP) como deve ser feito com as tubulações metálicas de água, gases, líquidos e outras que entram ou saem na edificação, por exemplo. Na norma NBR 5410 (ABNT, 2004), item 6.4.4, os requisitos estabelecidos para a utilização dos condutores de equipotencialização são descritos quanto às seções mínimas exigidas e aos tipos de elementos metálicos não admitidos como tal.

As versões mais recentes das normas NBR 5410 (ABNT, 2004), NBR 5419 (ABNT, 2015) e NBR 14039 (ABNT, 2005) enfatizam a importância de integração dos diversos subsistemas numa edificação, relacionado à disposição de sistemas de aterramento para diferentes tipos de instalações (residencial, comercial ou industrial) onde se destacam como cita Creder (2007, p. 123-124):

- O neutro e os condutores de proteção da rede de distribuição de energia;
- O aterramento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- O aterramento das entradas de sinais e o “plano terra” para aterramento de instalações contendo equipamentos eletrônicos (laboratórios, CPDs, estações de telecomunicações, sistemas de controle de processos, etc.);
- O aterramento de estruturas metálicas diversas (ferragens estruturais, esquadrias, tubulações, tanques, cercas, *racks*, painéis, etc.).

Esta integração traz benefícios para o funcionamento do sistema, havendo, porém, a necessidade de ser realizada com os devidos cuidados e de modo a evitar interferências indesejadas entre os diversos subsistemas. Como colocado por Creder (2007), merecem destaque dentre as vantagens de integração dos aterramentos:

- A equipotencialização de massas metálicas, ou seja, todas ficam sob o mesmo potencial.
- A unificação das referências de terra, evitando-se fluxos de correntes indesejáveis resultante de possíveis potenciais diferentes entre os eletrodos de aterramento.
- A redução da resistência de aterramento da instalação, em função da maior área da malha (eletrodo de aterramento).

Ainda, segundo o mesmo autor, é importante relevar alguns pontos da norma NBR 5410 (ABNT, 2004) no item 6.4, aterramento e equipotencialização, assim resumidos:

- Enfatizando, o aterramento deve ser único para toda a instalação e integrado à estrutura da edificação. Deve-se preferencialmente utilizar como eletrodo de aterramento aquele constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações da edificação.
- As entradas dos serviços públicos de concessionárias de energia e sinais (telefonia, *internet*, etc.) devem estar próximas entre si e junto ao aterramento comum. É recomendável pela referida norma que os aterramentos de energia e de sinal dos equipamentos devam ser comuns na entrada da instalação.
- O aterramento do neutro, quando existente, deve ser realizado somente na entrada da instalação, recebendo a partir daí o tratamento de condutor vivo (energizado). Desta forma, não convém este condutor acumular a função de proteção após a entrada na edificação.
- O condutor de proteção deve ser conduzido junto ao circuito de energia desde a entrada da instalação, dependendo do esquema de aterramento adotado.

Face às colocações anteriores que são de cunho geral àquilo encontrado nas normas de instalações elétricas, o assunto deve ser mais bem detalhado para a aplicação correta de acordo com a finalidade de utilização definida nos projetos. Conquanto, é perseverante ainda a discussão sobre os esquemas de aterramento considerados na norma de instalações elétricas de baixa tensão (NBR 5410 (ABNT, 2004)) em seu item 4.2.2.2.

As configurações dos esquemas de aterramento considerados na NBR 5410 (ABNT,

2004) baseiam-se nas definições do aterramento de proteção e do aterramento funcional que foram citadas anteriormente.

O aterramento de proteção possui como objetivos conforme cita Cotrim (2009, p. 90):

- Limitar o potencial entre massas, entre massas e elementos condutores estranhos à instalação e entre os dois e a terra a um valor seguro sob condições normais e anormais de funcionamento;
- Proporcionar às correntes de falta um caminho de retorno para terra de baixa impedância, de modo que o dispositivo de proteção possa atuar adequadamente.

O aterramento funcional, por sua vez, segundo Cotrim (2009, p. 90), proporciona:

- Definição e estabilização da tensão da instalação em relação à terra durante o funcionamento;
- Limitações de sobretensões devidas a manobras, descargas atmosféricas e contatos acidentais com linhas de tensão mais elevada;
- Retorno da corrente de curto-circuito monofásica ou bifásica à terra ao sistema elétrico.

Complementa-se ainda que os sistemas podem ser classificados em diretamente aterrados, aterrados através de impedância (resistor ou reator) ou não aterrados quanto ao aterramento funcional (COTRIM, 2009).

Desta forma, na classificação dos esquemas de aterramento apresentados na NBR 5410 (ABNT, 2004) é utilizada a seguinte simbologia:

- **Primeira letra:** Indica a situação da alimentação em relação à terra:
 - T – Um ponto diretamente aterrado;
 - I – Isolação de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância.
- **Segunda letra:** Indica a situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:
 - T – Massas diretamente aterradas, independente do aterramento eventual de um ponto da alimentação;
 - N – Massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o neutro).

- **Outras letras (eventuais):** Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:
 - S - Funções de neutro (N) e de proteção (PE) asseguradas por condutores distintos;
 - C – Funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

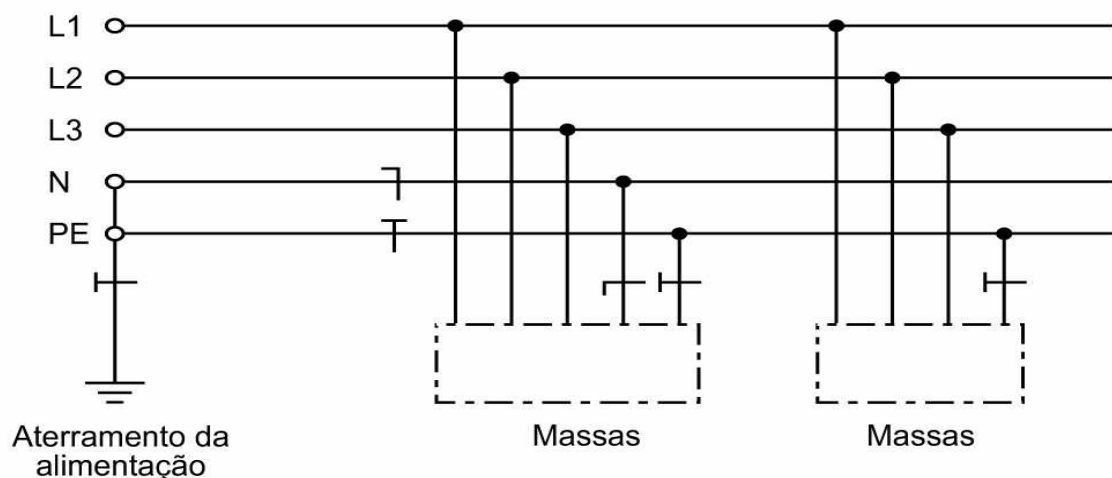
Assim, os esquemas de aterramento considerados na NBR 5410 (ABNT, 2004) são TN, TT e IT, descritos a seguir.

a) Esquema TN

Este esquema possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. A norma prevê três variantes deste esquema em função da disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, que são:

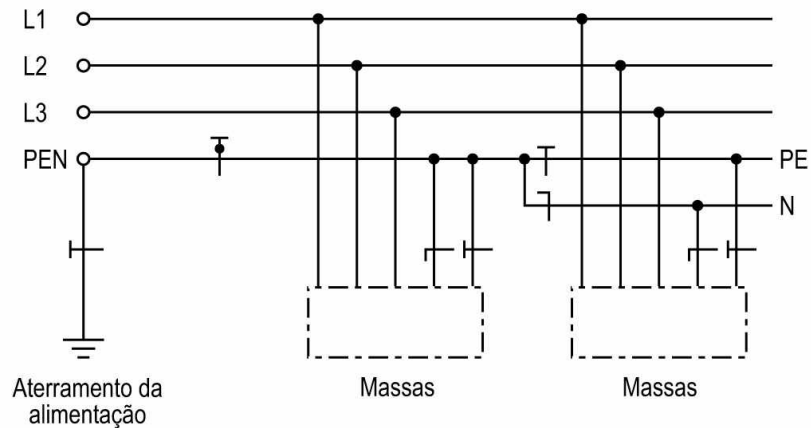
- **Esquema TN-S:** É quando o condutor neutro (N) e o condutor de proteção (PE) são distintos em toda a instalação (figura 7).

Figura 7: Esquema de aterramento TN-S.



- **Esquema TN-C-S:** É quando as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor em parte da instalação, ou seja, desde a alimentação até certo ponto (figura 8).

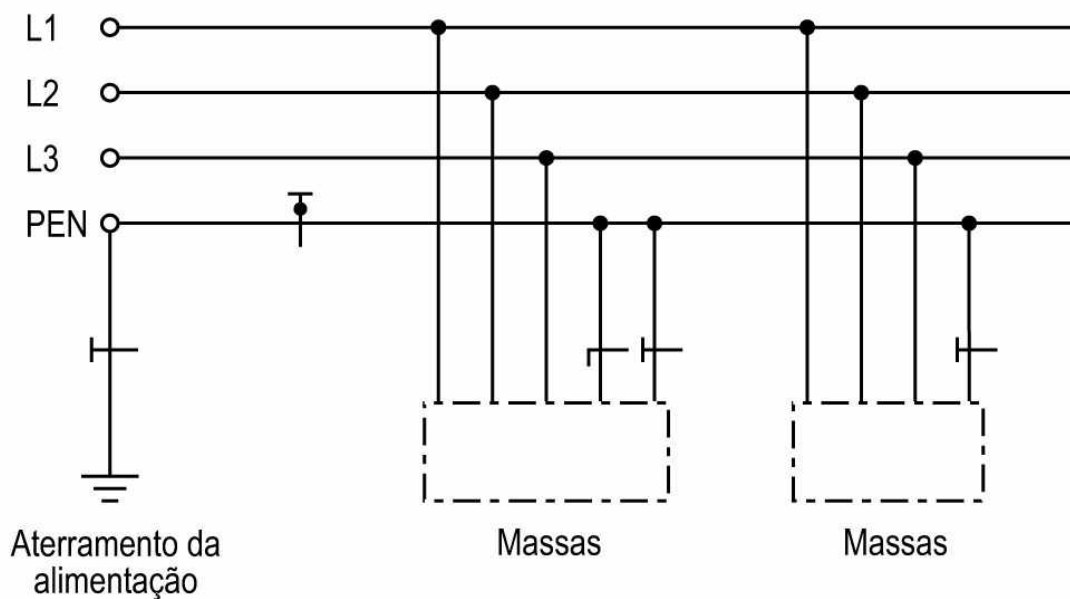
Figura 8: Esquema de aterramento TN-C-S.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 15).

- **Esquema TN-C:** Neste caso, as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (PEN) na totalidade do esquema (figura 9).

Figura 9: Esquema de aterramento TN-C.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 16).

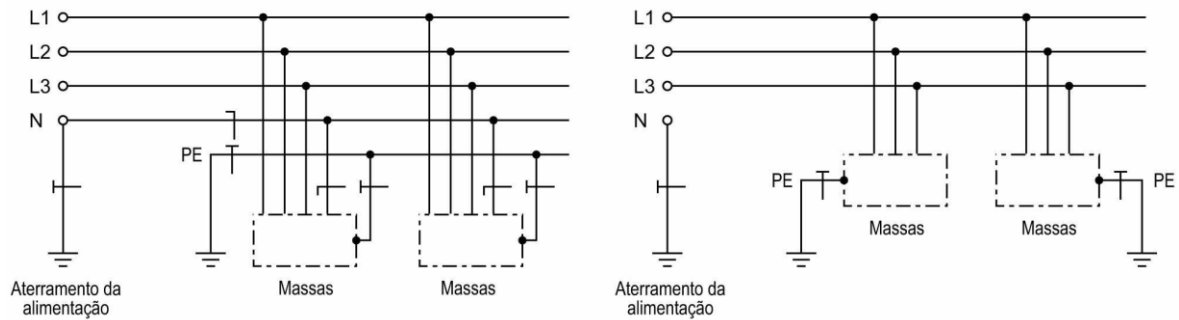
Observa-se que independente de uma das variações possíveis do esquema TN, uma corrente de falta direta fase-massa será equivalente a uma corrente de curto-circuito fase-neutro. Pode-se notar também que a corrente de falta fase-massa neste esquema não depende do valor de aterramento da alimentação, mas somente das impedâncias dos condutores presentes no percurso.

Nos esquemas TN, além do aterramento nas proximidades da alimentação, deve-se ligar o condutor de proteção ao maior número de pontos possível caso haja outras possibilidades de aterramento. Deve estar garantido que, no caso de falta de fase para a massa ou para a terra, o potencial resultante do condutor de proteção e das massas correspondentes permaneça igual ou o mais aproximado do potencial da terra (MAMEDE FILHO, 2010).

Assim, na escolha do esquema TN, sempre que possível, deve-se dar preferência à versão TN-S uma vez que, na operação normal da instalação, o condutor de proteção (PE) estará praticamente no mesmo potencial do aterramento da fonte, ou seja, com tensão zero ou bem próxima deste valor em toda sua extensão. No esquema TN-C, a tensão do condutor PEN junto da carga não é igual a zero já que existem correntes de carga e de desequilíbrio retornando pelo neutro, causando quedas de tensão ao longo do condutor PEN. Assim, as massas dos equipamentos elétricos não estarão no mesmo potencial do aterramento da fonte. Outra situação de perigo possível no esquema TN-C é quando há a ruptura do condutor neutro que, instantaneamente, provoca o potencial do condutor de fase passar para a massa da carga, colocando em risco a segurança humana e de animais (COTRIM, 2009).

b) Esquema TT

Neste esquema, existe um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da instalação. A figura 10 mostra as duas configurações possíveis do esquema TT previstas na NBR 5410 (ABNT, 2004).

Figura 10: Esquema de aterramento TT.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 16).

As correntes de falta direta fase-massa são de intensidade inferior à de uma corrente de curto-circuito fase-neutro. Essas correntes de falta dependem do aterramento da fonte e da massa de tal forma que a elevada impedância desse percurso limite os valores das mesmas.

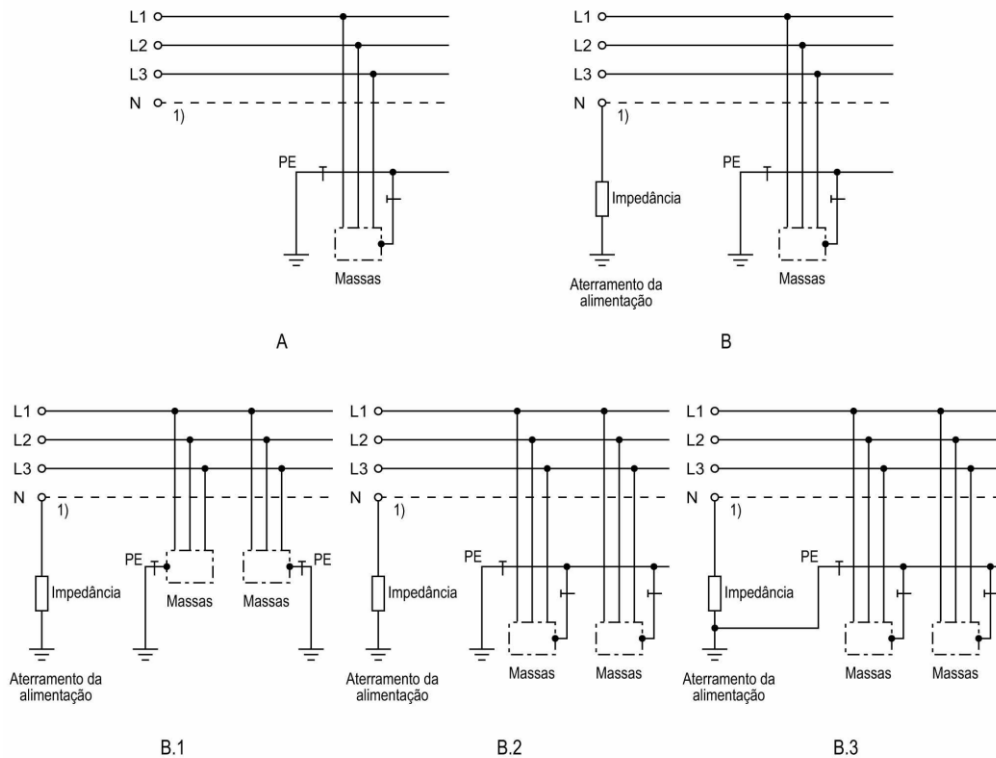
Recomenda-se, portanto, que esse tipo de esquema seja utilizado quando a distância entre a fonte de alimentação e a carga seja suficientemente grande.

c) Esquema IT

Neste esquema, conforme exposto na norma NBR 5410 (ABNT, 2004), todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de uma impedância. As massas da instalação são aterradas de acordo com as seguintes possibilidades:

- Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação se existente;
- Massas aterradas em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento na alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação.

A figura 11 mostra as possibilidades de apresentação do esquema IT consideradas na norma NBR 5410 (ABNT, 2004).

Figura 11: Esquema de aterramento IT.

1) O neutro pode ser ou não distribuído;

A = sem aterramento da alimentação;

B = alimentação aterrada através de impedância;

B.1 = massas aterradas em eletrodos separados e independentes do eletrodo de aterramento da alimentação;

B.2 = massas coletivamente aterradas em eletrodo independente do eletrodo de aterramento da alimentação;

B.3 = massas coletivamente aterradas no mesmo eletrodo da alimentação.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 17).

“O esquema de aterramento IT é caracterizado quando a corrente resultante de uma única falta fase-massa não possui intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões perigosas” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 77). Nesta concepção, o seccionamento da alimentação não é obrigatório neste momento, mas havendo a necessidade de atuação do dispositivo de proteção caso ocorra uma segunda falta fase-massa em seguida à primeira uma vez que a corrente de falta passa a ser extremamente elevada e perigosa, pois envolve um curto-circuito entre duas fases e terra.

Na utilização do esquema IT deve-se prever o uso de um dispositivo supervisor de isolamento (DSI) cuja finalidade é indicar a ocorrência da primeira falta entre fase e massa ou entre fase e terra. A atuação do DSI deve ser sobre um dispositivo sonoro e ou visual de forma a alertar o responsável pela operação do sistema (MAMEDE FILHO, 2010).

A aplicação deste esquema de aterramento deve ser restrita a alguns casos específicos como cita Creder (2007) e Mamede Filho (2010), tais como:

- Instalações industriais de processo contínuo, com tensão de alimentação igual ou superior a 380 V, desde que cumpridas as seguintes condições:
 - O condutor neutro não seja distribuído.
 - A continuidade da alimentação seja essencial.
 - Exista uma supervisão permanente de detecção de falta à terra através de dispositivo apropriado.
 - A manutenção e a supervisão da instalação estejam a cargo de pessoal habilitado com características BA4 (advertidas) e BA5 (qualificadas) de acordo com tabela 18 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

- Instalações para circuitos de comando alimentados por transformador de separação com tensão primária inferior a 1000 V e sendo verificadas as seguintes condições:
 - A continuidade de alimentação de comando seja essencial.
 - A manutenção e a supervisão da instalação estejam a cargo de pessoal habilitado com características BA4 e BA5 conforme tabela 18 da NBR 5410 (ABNT, 2004).
 - Exista um dispositivo apropriado de detecção permanente de falta à terra.

- Circuitos de reduzida extensão, com alimentação separada, em estabelecimentos assistenciais de saúde (hospitais), onde a continuidade de alimentação e a segurança dos pacientes sejam essenciais, atendendo disposições da NBR 13534 (ABNT, 2008).

- Instalações exclusivas para alimentação de fornos industriais.

- Instalações para alimentação de retificadores dedicados a acionamentos de velocidade controlada.

Uma última observação deste item de aterramento e equipotencialização é que os assuntos aqui discutidos são de cunho geral e não devem ser considerados esgotados. As normas de instalações elétricas aplicáveis tratam ainda de particularidades e devem ser consultadas constantemente para haver uma concepção e seleção correta de soluções na apresentação dos projetos desses subsistemas para uma edificação.

4.4 SELEÇÃO DOS COMPONENTES E DIMENSIONAMENTO EM GERAL

Dentre a escolha e instalação dos materiais e equipamentos numa instalação elétrica, é preciso verificar tanto as prescrições comuns a todos quanto aquelas específicas a cada tipo de componente. As normas brasileiras relacionadas NBR 5410 (ABNT, 2004), NBR 13534 (ABNT, 2008) e NBR 14039 (ABNT, 2005) tratam deste assunto em suas respectivas seção 6, enquanto a NBR 13570 (ABNT, 1996) coloca esta parte nas seções 4 (condições gerais) e 5 (condições específicas).

As prescrições comuns estão relacionadas às características de cunho geral exigidas numa instalação. Assim, a seguir, são colocadas aquelas disposições que devem estar presentes na seleção de componentes das instalações elétricas de baixa tensão (NBR 5410 (ABNT, 2004), NBR 13534 (ABNT, 2008) e NBR 13570 (ABNT, 1996)):

- **Conformidade com as normas:**

- Os componentes da instalação devem satisfazer as normas brasileiras aplicáveis e, na falta destas, as normas IEC (*International Electrotechnical Commission*) e ISO (*International Organization for Standardization*). Ainda, se houver a inexistência de normas aplicáveis nestes organismos, os componentes deverão ser selecionados com base em norma regional ou estrangeira reconhecida ou, na falta destas, mediante acordo específico entre o responsável pela obra e o responsável pela instalação elétrica da mesma.

- **Condições de serviço:**

- Os componentes devem ser adequados à tensão nominal da instalação, considerando a possibilidade de definição pela tensão mais alta ou a mais baixa que possa ocorrer em regime normal conforme o componente.
- Os componentes devem ser selecionados de acordo com a corrente de projeto que deve percorrê-los em serviço normal. Além disso, a corrente suscetível de percorrê-los em condições anormais também deve ser avaliada, levando-se em conta a duração da passagem dessa corrente e as características de atuação dos dispositivos de proteção.
- Caso a frequência seja um parâmetro definidor das características dos componentes, ela deverá ser coincidente com a frequência nominal da instalação.
- Salvo a situação de que a instalação dos componentes seja acompanhada de medidas compensatórias adequadas, sua seleção deve ser de maneira que eles não causem, em serviço normal, incluindo manobras, efeitos prejudiciais aos demais componentes nem comprometam o bom desempenho da instalação.

- **Influências externas:**

- Os componentes da instalação devem ser selecionados e instalados de acordo com as prescrições da tabela 32 da NBR 5410 (ABNT, 2004). Esta tabela indica as características dos componentes em função das influências externas a que estão sujeitos (ver seção 3.4 desta dissertação e item 4.2.6 da referida norma). As características dos componentes são determinadas por um grau de proteção ou por conformidade com ensaios.
- Uma proteção complementar apropriada na execução da instalação pode ser utilizada quando um componente não possuir características construtivas compatíveis com as influências externas presentes no local. No entanto, esta proteção não pode afetar as condições de funcionamento do componente.

- **Acessibilidade:**

- Todos os componentes devem ser instalados de modo a facilitar sua operação, inspeção, manutenção e o acesso a suas conexões.

- **Identificação dos componentes:**

- Existindo a possibilidade de confusão, algum meio adequado de identificação dos dispositivos de comando, manobra e ou proteção deve ser realizado. Outra consideração é no caso da atuação de um dispositivo de comando, manobra e ou proteção não poder ser observada pelo operador e disso poder resultar perigo, deve ser provida alguma sinalização à vista do operador.
- Quanto aos condutores numa linha elétrica, a norma estabelece que todos devem estar identificados conforme sua função. No caso da identificação por cor, é estabelecida a cor azul clara para o condutor neutro ou PEN (condutor que agrega a função de neutro e proteção conjuntamente, neste caso, com anilhas verde-amarela nos pontos visíveis ou acessíveis), a cor verde ou verde-amarela para o condutor de proteção e qualquer outra cor para os condutores fases na isolação dos condutores isolados ou da veia do cabo multipolar ou da cobertura do cabo unipolar.
- As linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações na instalação.
- Os dispositivos de proteção devem ser dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos.

- **Independência dos componentes:**

- Os componentes devem ser escolhidos e dispostos de modo a impedir qualquer influência prejudicial entre as instalações elétricas e as instalações não elétricas, bem como entre as instalações elétricas de energia e de sinal da edificação. Deve ser previsto também uma separação capaz de evitar qualquer influência mútua prejudicial entre componentes de diferentes subsistemas (tensões diferentes ou correntes de natureza distinta) presentes num mesmo quadro de distribuição, painel, mesa de comando ou conjunto similar.

- **Compatibilidade eletromagnética:**

- Devem ser observados os níveis de imunidade dos componentes da instalação, levando-se em consideração as influências eletromagnéticas (ver item 4.2.6.1.10 na NBR 5410 (ABNT, 2004)) que podem ocorrer quando em funcionamento normal. Por outro lado, devem ser selecionados componentes com níveis de emissão suficientemente baixos, de modo que eles não venham a gerar interferências eletromagnéticas, por condução ou por propagação no ar, com outros componentes situados interna ou externamente à edificação. Se necessário, devem ser providos meios de atenuação, a fim de reduzir a emissão.

- **Documentação da instalação:**

- A norma NBR 5410 (ABNT, 2004) prescreve que a instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter, no mínimo: (a) plantas; (b) esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis; (c) detalhes de montagem, quando necessários; (d) memorial descritivo da instalação; (e) especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender); (f) parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, etc.).
- Na conclusão da instalação, a documentação citada no tópico anterior deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação “*as built*” ou “como construído”).
- As instalações para as quais não se prevê equipe permanente de operação, supervisão e ou manutenção, composta por pessoal advertido (BA4) ou qualificado (BA5) conforme tabela 18 da NBR 5410 (ABNT, 2004), devem ser entregues com um manual do usuário, em linguagem acessível a leigos, que contenha, no mínimo, os seguintes elementos: (a) esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais; (b) potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível; (c) potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso; (d) recomendação explícita para que não sejam

trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

Conhecidas as prescrições comuns, pode-se explorar as partes componentes de uma instalação elétrica de forma mais específica como será visto nos subitens adiante.

4.4.1 Linhas elétricas – condutores e condutos

Na concepção das instalações elétricas de uma edificação, o componente que talvez traga maior discussão quanto à relevância de custos é o das linhas elétricas e é também o tópico da norma desta área que ocupa mais espaço (SOUZA; MORENO, 2001). A linha elétrica de uma maneira geral pode ser entendida como o “conjunto constituído por um ou mais condutores, com os elementos de sua fixação e suporte e, se for o caso, de proteção mecânica, destinado a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos” (SOUZA; MORENO, 2001, p. 111). Os tipos de linhas elétricas caracterizados na baixa tensão estão indicados na tabela 33 da NBR 5410 (ABNT, 2004) que apresenta setenta e três métodos de instalação e, por sua vez, na média tensão, a norma NBR 14039 (ABNT, 2005) traz nove métodos de instalação na tabela 25.

Desta maneira, as escolhas dos tipos de linhas elétricas possíveis num projeto de instalações elétricas para uma edificação podem variar conforme três parâmetros principais como coloca Souza e Moreno (2001):

- O tipo de condutor utilizado;
- O tipo de conduto utilizado, se houver;
- A montagem adotada que define o espaço ocupado ou percorrido pela linha.

Quanto ao material dos condutores elétricos, as normas de instalações elétricas de baixa tensão e de média tensão permitem o uso do cobre e alumínio, cada qual fazendo suas especificações e restrições conforme o local de implantação das respectivas instalações. Em especial, na baixa tensão, a NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece no item 6.2.3.8 que os condutores de alumínio só podem ser utilizados nas seguintes condições:

- Em instalações de estabelecimentos industriais desde que, simultaneamente: a seção nominal dos condutores seja igual ou maior a 16 mm^2 , a instalação seja alimentada diretamente por subestação de transformação ou possua fonte própria e a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, tabela 18 da referida norma).
- Em instalações de estabelecimentos comerciais desde que, simultaneamente: a seção nominal dos condutores seja igual ou maior a 50 mm^2 , os locais sejam exclusivamente BD1 (baixa densidade de ocupação e altura inferior a 28 m conforme tabela 21 da referida norma) e a instalação e a manutenção sejam realizadas por pessoas qualificadas (BA5, tabela 18 da referida norma).

Os condutores elétricos quanto ao tipo, considerados na norma de instalações elétricas de baixa tensão, são assim apresentados:

- Fio ou cabo nu (ABNT NBR 6524:1998);
- Cabo com cobertura (ABNT NBR 6524:1998);
- Fio ou cabo com isolamento (ABNT NBR NM 247-3:2002 Versão corrigida: 2002) cuja denotação na norma de instalações é condutor isolado;
- Cabo com isolamento e cobertura (ABNT NBR 7286:2015 se a isolamento é com etilenopropileno – EPR, ABNT NBR 7287:2009 se a isolamento é com polietileno reticulado – XLPE e ABNT NBR 7288:1994 ou ABNT NBR 8661:1997 se a isolamento é com cloreto de polivinila – PVC) ou, como denotação na norma de instalações, são os conhecidos cabo unipolar e cabo multipolar. Equipara-se a esta categoria os cabos isolados em polietileno termofixo – XLPE, sem cobertura, que atendem à norma ABNT NBR 7285:2016 devido à isolamento espessa que garante resultado equivalente ao de uma dupla camada (isolamento mais cobertura) consoante ao item 6.2.3.3 da ABNT NBR 5410:2004.
- Cabos não propagantes de chama, livre de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos (ABNT NBR 13248:2014 Versão Corrigida: 2015).

- Barramentos blindados (linhas pré-fabricadas) que atendam à norma ABNT NBR IEC 60439-2:2004 e instruções do fabricante.

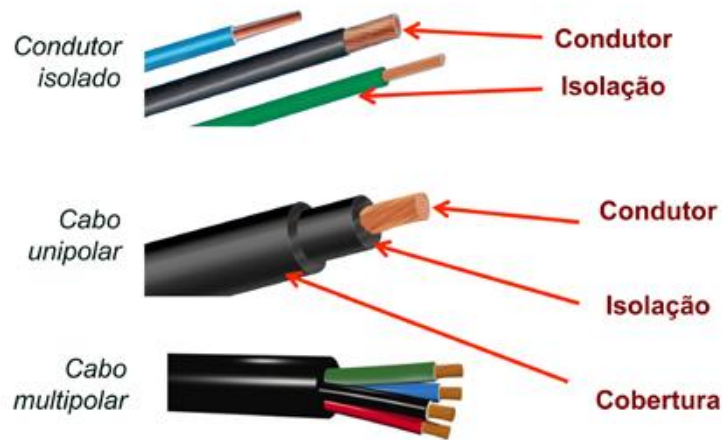
A figura 12 ilustra os tipos de cabos elétricos com isolações previstas na NBR 5410 (ABNT, 2004). Relacionado ao isolamento dos cabos de potência, é importante o conhecimento dos valores padronizados por norma e presentes no mercado da tensão de isolamento nominal dos mesmos uma vez que será uma das características para definir a escolha numa aplicação. A especificação, como cita Cotrim (2009), é indicada por dois valores de tensão, separados por uma barra, cujo primeiro refere-se à tensão fase-terra e o segundo à tensão fase-fase, expressos em volts ou em quilovolts como mostrados a seguir:

- Baixa Tensão: 300/300 V; 300/500 V; 450/750 V; 0,6/1 kV.
- Média Tensão: 1,8/3 kV; 3,6/6 kV; 6/10 kV; 8,7/15 kV; 12/20 kV; 15/25 kV; 20/35 kV; 27/35 kV.

Ressalta-se que a limitação dos cabos com isolação em cloreto de polivinila (PVC) por norma é até 6 kV visto que suas perdas dielétricas são elevadas principalmente para valores acima de 10 kV conforme cita Souza e Moreno (2001), não havendo o mesmo problema para os cabos com isolação em etilenopropileno (EPR) e polietileno reticulado (XLPE) a nível da média tensão.

Uma observação importante é que a palavra isolação está ligada ao material, ou seja, à qualidade do composto isolante enquanto isolamento refere-se ao quantitativo, isto é, ao valor de tensão isolante.

Figura 12: Tipos de cabos elétricos com isolação previstos na ABNT NBR 5410:2004.



Fonte: Moreno *et al.* (2011, p. 70).

Os condutos elétricos ou simplesmente condutos, quando presentes, são os elementos das linhas elétricas destinados a conter os condutores elétricos (MORENO *et al.*, 2011). Os diversos tipos de condutos utilizados nas instalações elétricas são os eletrodutos, calhas (eletrocalhas), molduras, blocos alveolados, canaletas, bandejas e escadas para cabos (leitos). Alguns desses condutos podem ser observados na figura 13 e consultados em Cotrim (2009) e Mamede Filho (2010). Deve-se notar que os condutos são divididos em abertos ou fechados conforme a configuração de instalação dos condutores neles contidos, ou seja, nos condutos fechados não há o acesso direto aos condutores sem a remoção de uma tampa ou invólucro o que não acontece nos condutos abertos já que os condutores não ficam totalmente envolvidos.

Figura 13: Tipos de condutos.



Fonte: Moreno *et al.* (2011, p. 70).

O terceiro parâmetro que define o tipo da linha elétrica à luz das normas de instalações elétricas é a montagem adotada propriamente dita dentre aqueles previstos e possíveis, mostrando como a linha se integra à edificação ou, num sentido mais geral, ao ambiente que percorre (SOUZA; MORENO, 2001). Desta maneira, as linhas elétricas podem ser classificadas como interna ou externa à edificação dependendo de seu posicionamento. Por sua vez, as linhas externas podem ser aéreas, subterrâneas (enterradas) ou submersas e as linhas internas, além dessas três possibilidades das externas, elas podem ser ainda aparentes, embutidas ou contidas (por exemplo, em espaços de construção) (SOUZA; MORENO, 2001).

O espaço de construção deve ser entendido como “o espaço existente na estrutura ou nos componentes de uma edificação, acessível apenas em determinados pontos” (COTRIM, 2009, p. 169). Assim, na NBR 5410 (ABNT, 2004), tabela 33, página 95, são considerados como espaços de construção os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros falsos, os pisos elevados e os espaços internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) baseado na NBR IEC 60050-826 (ABNT, 1997).

Uma prescrição importante para a escolha do tipo da linha elétrica é observar o item 6.2.4 das respectivas normas de instalações elétricas para a baixa e média tensão (NBR 5410 (ABNT, 2004) e NBR 14039 (ABNT, 2005)) que trata da seleção e instalação em função das influências externas. Desta forma, os conhecimentos necessários para a escolha do tipo da linha elétrica ficam delineados com a escolha do tipo do condutor, tipo de conduto (caso exista) e a forma de montagem da linha, circundados com a observação de alguma delimitação imposta pelas influências externas.

Neste ponto, é possível iniciar o processo de dimensionamento da seção dos condutores conforme os critérios estabelecidos na NBR 5410 (ABNT, 2004) em seu item 6.2.6.1.2 para as instalações elétricas de baixa tensão e na NBR 14039 (ABNT, 2005) nos itens 6.2.5, 6.2.6 e 6.2.7 para as instalações elétricas de média tensão. Restringe-se aqui à apresentação do dimensionamento dos condutores em baixa tensão visto que os critérios da norma de média tensão serem processos similares aos seus respectivos da baixa tensão.

Obviamente, o dimensionamento do condutor de um circuito resultará na menor seção que satisfaça a todos os critérios simultaneamente.

a) Critério da seção mínima dos condutores

Nas instalações elétricas de baixa tensão, um primeiro critério para escolha da seção dos condutores que pode ser colocado, e não necessariamente nesta ordem, é o da seção mínima dos condutores por razões mecânicas que está atrelado ao material do condutor (cobre ou alumínio), o tipo de linha e a utilização do circuito como estabelecido na tabela 47 (item 6.2.6.1) da norma NBR 5410 (ABNT, 2004). Assim, por exemplo, um circuito de iluminação com condutor de cobre e isolado deverá ter seção mínima de $1,5 \text{ mm}^2$ enquanto um circuito de força com o mesmo tipo de condutor deverá ter seção mínima de $2,5 \text{ mm}^2$.

b) Critério da capacidade de condução de corrente

O segundo critério para escolha da seção do condutor é o da capacidade de condução de corrente que deve partir da condição de ser igual ou superior à corrente de projeto do circuito. A corrente de projeto de cada circuito, denotada por I_B (item 5.3.4.1) da NBR 5410 (ABNT, 2004), pode ser obtida conhecendo-se o tipo de ligação (em corrente contínua ou em corrente alternada – trifásica ou monofásica), a potência total (ver item 4.1 desta dissertação) e tensão nominal do mesmo. Somado a isto, selecionado o tipo de linha do circuito através da tabela 33 da NBR 5410 (ABNT, 2004), ela fornece o método de referência correspondente que se encontra explícito no item 6.2.5.1.2 desta mesma norma. Outro parâmetro a considerar é a temperatura máxima para serviço contínuo em regime permanente que qualquer condutor deve estar sujeito sem sofrer danos. Esta condição está ligada ao tipo de isolamento como encontrado na tabela 35 da NBR 5410 (ABNT, 2004) que mostra o valor de 70°C para os condutores isolados em PVC e 90°C para os condutores isolados em EPR ou XLPE.

Desta forma, conforme estabelecido no item 6.2.5.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004), as tabelas 36 a 39 de capacidades de condução de corrente podem fornecer as seções dos condutores adequadamente dentre as condições previamente estabelecidas. Uma observação importante é que estas tabelas são para circuito único com 2 ou 3 condutores carregados com a temperatura de referência do ambiente de 30°C no ar e 20°C no solo, bem como a resistividade térmica do solo de $2,5 \text{ K.m/W}$.

Caso o valor de temperatura ambiente seja diferente de 30°C no ar e 20°C no solo, deve-se aplicar o fator de correção correspondente da tabela 40 (item 6.2.5.3) na capacidade de condução de corrente das tabelas 36 a 39, assim como aplicar o fator de correção para

linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W conforme a tabela 41 (item 6.2.5.4). Por outro lado, quando o número de circuitos for maior que um ou o número de condutores carregados for maior que três, deve-se aplicar os fatores de correção especificados nas tabelas 42 a 45 conforme as situações propostas nas mesmas e admitindo que os condutores dos agrupamentos sejam semelhantes, ou seja, diferenciam entre si no máximo de três seções sucessivas e baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo. É percebido, portanto, que o uso das tabelas são condicionantes a várias considerações para a determinação da capacidade de condução de corrente e a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) as trazem para facilitar a determinação da seção do condutor nos casos mais usuais, mas cita também que deve-se recorrer a NBR 11301 (ABNT, 1990) nos casos não contemplados e quando há a necessidade de um cálculo mais específico.

Uma situação muito comumente encontrada na prática é o caso de uma linha com 3 fases e neutro, considerando este último também carregado. A norma NBR 5410 (ABNT, 2004), no item 6.2.5.6.1, prevê a aplicação de um fator de correção de 0,86 na coluna correspondente a 3 condutores carregados independente do método de instalação nas tabelas 36 a 39 e sem prejuízo dos demais fatores de correção porventura aplicáveis.

c) Critério do limite da queda de tensão

Este terceiro critério apresentado para dimensionamento da seção dos condutores carregados num circuito está com os requisitos estabelecidos no item 6.2.7 da NBR 5410 (ABNT, 2004) para o caso das instalações elétricas de baixa tensão.

A primeira condição é quanto aos limites percentuais máximos de queda de tensão, em qualquer ponto de utilização da instalação, em relação ao seu valor de tensão nominal (item 6.2.7.1 da referida norma):

- 7%, calculados a partir dos terminais de baixa tensão do transformador no caso deste equipamento ser de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s) ou no caso dele pertencer à empresa distribuidora de eletricidade e o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição (BT);

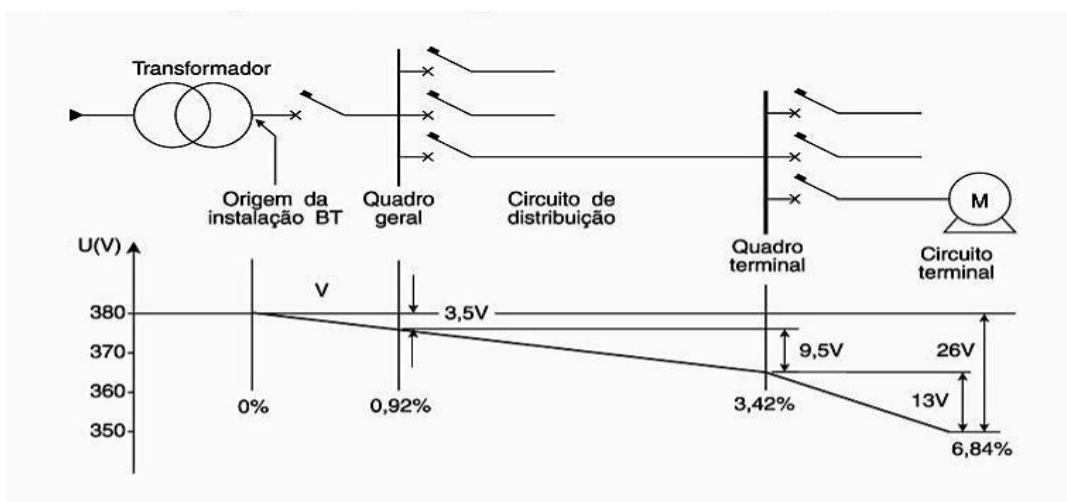
- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Outras condições dizem que a queda de tensão nos circuitos terminais não pode ser acima de 4% (item 6.2.7.2) e, no item 6.2.7.4, que a corrente a considerar no cálculo da queda de tensão num circuito é a de projeto (I_B).

No entanto, o item 6.2.7.3 coloca que quedas de tensões maiores que as indicadas acima são permitidas para equipamentos com corrente de partida elevada desde que dentro dos limites permitidos em suas respectivas normas e durante o período de partida. Nota-se, então, a importância de verificar também a situação dos outros circuitos da instalação na condição de partida dessas cargas para saber se as quedas de tensão nestes instantes permanecem dentro dos padrões tolerados, evitando um possível funcionamento inadequado da instalação e equipamentos. Deve-se atentar ainda para um especial cuidado com circuitos de motores, consultando os itens 6.5.1.2.1, 6.5.1.3.2 e 6.5.1.3.3 como indicado nesta parte da norma.

Respeitando-se as premissas colocadas, torna-se necessário conhecer os limites de queda de tensão ao longo da instalação e determinar as seções mínimas dos condutores nos diversos circuitos em função desses limites permitidos ou pré-estabelecidos. A figura 14 mostra um exemplo das quedas de tensão que ocorrem em uma instalação elétrica típica.

Figura 14: Exemplo típico de queda de tensão em uma instalação de baixa tensão (BT).



Fonte: Cotrim (2009, p. 306).

As quedas de tensão percentual a serem verificadas no projeto de instalações elétricas, conforme os limites estabelecidos na NBR 5410 (ABNT, 2004), nos pontos de utilização previstos, podem ser dadas por (CREDER, 2007):

$$\text{Queda de tensão percentual } (\Delta U\%) = \frac{\text{tensão nominal} - \text{tensão na carga}}{\text{tensão nominal}} \times 100$$

Uma forma de escolha da seção do condutor que atenda ao critério da queda de tensão, é aquela apresentada detalhadamente por Cotrim (2009). Este método consiste primeiramente no cálculo da queda de tensão unitária do circuito (ΔU_{un} , em V/(A.km)) que pode ser obtida por:

$$\Delta U_{un} = \frac{\Delta U\% \cdot U_N}{100 \cdot \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i}$$

Onde:

$\Delta U\%$ - queda de tensão percentual;

U_N – tensão nominal do circuito em volts (V);

I_i – corrente em ampères (A) no trecho i do circuito;

l_i – comprimento do trecho i do circuito em quilômetro (km).

Posteriormente, utilizando-se a tabela de fabricante de condutores que fornece a queda de tensão unitária (V/(A.km)) para cada seção nominal conforme o tipo de cabo e considerando o fator de potência da carga (0,8 ou 0,95) e a forma de instalação, permite-se a escolha da seção nominal do condutor que tenha a queda de tensão unitária mais próxima e inferior daquela calculada para o circuito de acordo com a fórmula acima. Um exemplo deste tipo de tabela é encontrado em Cotrim (2009), página 308.

Outra maneira de se obter a seção do condutor que atenda ao critério de limite de queda de tensão estabelecido para um circuito é aquele apresentado por Mamede Filho (2010). Considerando o fator de potência das cargas constante, de modo simplificado, pode-se calcular diretamente a seção mínima do condutor (S_c , em mm^2) em função da queda de tensão:

$$S_c = \frac{t \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n (I_i \cdot l_i)}{\Delta U\% \cdot U_N}$$

Onde:

t – constante que é igual a 200 para circuito monofásico e $100 \cdot \sqrt{3}$ para circuito trifásico;

ρ – resistividade do material condutor em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

I_i – corrente em ampères (A) no trecho i do circuito;

l_i – comprimento do trecho i do circuito em quilômetro (km);

$\Delta U\%$ - queda de tensão percentual;

U_N – tensão nominal do circuito em volts (V).

A seção nominal do condutor escolhido será aquela imediatamente superior ao valor calculado.

d) Critério da capacidade de corrente de curto-circuito

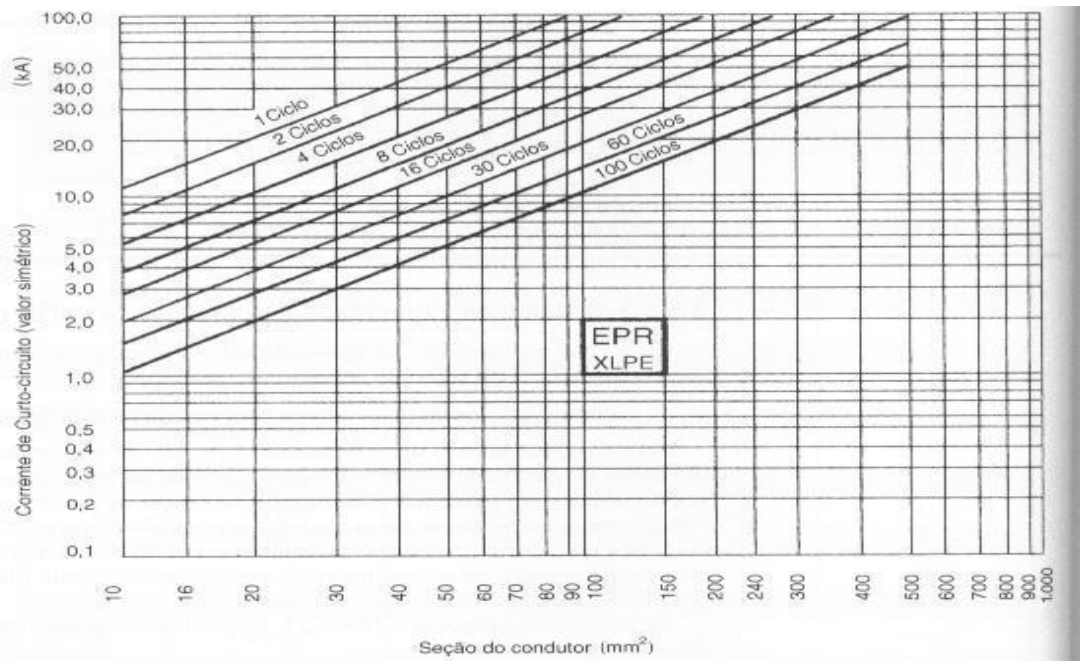
As diferentes correntes de curto-circuito possíveis numa instalação elétrica não são muitas vezes conhecidas. No entanto, elas não devem ser deixadas de lado pelos projetistas visto que ocorrem em condições anormais de funcionamento da instalação, podendo trazer prejuízos tanto à instalação quanto à segurança de usuários. Devem-se conhecer os parâmetros de suportabilidade da corrente de curto-circuito para os elementos do circuito, em especial, os condutores. Numa maneira geral, a determinação dos valores de corrente de curto-circuito não é trivial e demandam um estudo cuidadoso como realizado por Cotrim (2009), Mamede Filho (2010) e Moreno *et al.* (2011).

Mamede Filho (2010, p. 100) mostra os gráficos de capacidade máxima da corrente de curto-circuito para os cabos acima de 10 mm^2 com isolamento em PVC e com isolamento em EPR ou XLPE (ver figura 15) em que se permitem determinar:

- A máxima corrente de curto-circuito admissível num cabo;
- A seção do condutor necessária para suportar uma condição particular de curto-circuito;

- O tempo máximo que o condutor pode funcionar com uma determinada corrente de curto-circuito sem danificar a isolamento.

Figura 15: Capacidade máxima de corrente para cabos com isolamento em EPR ou XLPE.



Fonte: Mamede Filho (2010, p. 100).

Uma forma de calcular a seção mínima do condutor para uma determinada corrente de curto-circuito, como coloca Mamede Filho (2010), é pela seguinte expressão:

$$S_c = \frac{I_{cs} \cdot \sqrt{t_e}}{0,34 \cdot \sqrt{\log \frac{234 + T_f}{234 + T_i}}}$$

Onde:

I_{cs} – corrente de curto-circuito simétrica, em quiloampères (kA);

t_e – tempo de eliminação de defeito, em segundos (s);

T_f – temperatura máxima de curto-circuito suportada pela isolamento do condutor, em graus Celsius (°C);

T_i – temperatura máxima admitida pelo condutor em regime normal de operação, em graus Celsius (°C).

OBS: Para o condutor com isolamento de PVC, $T_f = 160\text{ }^\circ\text{C}$ e $T_i = 70\text{ }^\circ\text{C}$ e, para o condutor com isolamento em EPR ou XLPE, $T_f = 250\text{ }^\circ\text{C}$ e $T_i = 90\text{ }^\circ\text{C}$.

Uma dificuldade para se calcular a corrente de curto-circuito principalmente para os consumidores cujo fornecimento da concessionária é na baixa tensão (tensão secundária) é quanto à informação do valor de corrente de curto-circuito presumida no ponto de entrega pela concessionária que normalmente não está disponível. A alternativa, talvez, seja considerar a capacidade de corrente de curto-circuito que a concessionária requer na proteção a ser instalada junto à medição e daí considerar este valor para o cálculo de algumas correntes de curto-circuito no interior da instalação. Uma margem de erro ocorrerá, mas haverá uma estimativa de valor. Nas indústrias, no entanto, é preciso saber com certa precisão os valores de corrente de curto-circuito devido à presença de cargas contribuintes para a corrente de curto-circuito como os motores.

Um último aspecto sobre dimensionamento de condutores trata-se do neutro que a NBR 5410 (ABNT, 2004), item 6.2.6.2, salienta que o mesmo só pode ter sua seção reduzida em relação ao condutor fase conforme tabela 48, quando o circuito for trifásico e sob as seguintes condições atendidas simultaneamente:

- A seção dos condutores de fase seja no mínimo superior a 25 mm^2 .
- O circuito, em serviço normal, for presumivelmente equilibrado.
- A corrente das fases não contiver um carregamento de harmônica de terceira ordem e múltiplos maior que 15%.
- O condutor neutro for protegido contra sobrecorrente conforme 5.3.2.2.

Há que se ater também que quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, a seção do condutor neutro poderá ser maior que a dos condutores de fase nos casos de circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro. Neste caso, para o dimensionamento do condutor neutro é necessário a consulta ao anexo F da NBR 5410 (ABNT, 2004). Por fim, nas demais condições, o condutor neutro deverá ter a mesma seção

do condutor fase.

Tendo-se especificado os condutores, seja quanto ao tipo e quantitativos por circuito, pode-se proceder ao dimensionamento dos condutos, caso utilizados, conforme as características das linhas elétricas a serem projetadas para a uso na instalação elétrica do empreendimento. As normas de instalações elétricas de baixa tensão e média tensão tratam deste assunto nos seus respectivos item 6.2.11.

Restringindo-se novamente às instalações elétricas de baixa tensão pelos motivos já expostos anteriormente, a NBR 5410 (ABNT, 2004), item 6.2.11.1, estabelece as seguintes condições quanto ao dimensionamento de eletrodutos (tipo de conduto fechado):

- A taxa de ocupação máxima em relação à área útil da seção transversal do eletroduto não deve ultrapassar a 53% no caso de um condutor, 31% no caso de dois condutores e 40% no caso de três ou mais condutores.
- A priori, os trechos contínuos de eletrodutos, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas e 30 m para linhas externas às edificações, caso os trechos sejam retilíneos. Havendo curvas, no máximo até três de 90° ou seu equivalente até no máximo 270°, os limites de comprimento devem ser reduzidos em 3 metros para cada curva de 90°. Nunca devem ser previstas curvas com deflexão maior que 90°. Uma exceção abrangida na norma é quando o trecho da linha não puder ser previsto de evitar a passagem por locais que impeçam a colocação de caixa, seja qual for o motivo. Neste caso, adota-se um eletroduto com diâmetro nominal imediatamente acima para cada 6 m, ou fração, de aumento da distância máxima permitida em princípio.

Vários outros critérios são colocados na NBR 5410 (ABNT, 2004) quanto à utilização de eletrodutos que devem ser observados pelo projetista, destacando-se os seguintes:

- Só devem ser utilizados eletrodutos não propagantes de chama.
- Os eletrodutos a serem utilizados devem seguir uma norma de especificação. No atual momento, os eletrodutos metálicos de aço carbono devem seguir a NBR 5624 (ABNT,

2011), NBR 5597 (ABNT, 2013) ou NBR 5598 (ABNT, 2013) e os eletrodutos plásticos, flexíveis ou rígidos, devem seguir a NBR 15465 (ABNT, 2008).

- Nos eletrodutos é vedada a emenda e derivações de condutores. Nos pontos em que haja necessidade de alguma emenda ou derivação de condutores, deve-se prever a instalação de caixas apropriadas.
- Seja qual for a forma de instalação do eletroduto, ou seja, aparente, enterrado no solo ou embutido em alvenaria ou teto deve-se prover de cuidados de tal maneira a manter a resistência mecânica dos mesmos sem haver deformação, mantendo-se a estanqueidade ao longo de todo o trecho entre caixas ou entre caixa e extremidade.
- Como todo conduto fechado, num eletroduto deve estar presente todos os condutores vivos (fases e neutro) pertencentes a um mesmo circuito.
- É permitido mais de um circuito no mesmo eletroduto desde que atendidas simultaneamente as seguintes condições: (a) a origem de todos os circuitos devem ser de um mesmo dispositivo geral de proteção e manobra; (b) os condutores de fases presentes devem ter suas seções dentro de três valores normalizados sucessivos; (c) todos os condutores devem ter a mesma temperatura máxima para serviço contínuo; e (d) todos os condutores forem isolados para a mais alta tensão nominal presente.

Os dois últimos tópicos acima são válidos também para outros tipos de condutos fechados como eletrocalha e perfilado com tampa e não perfurados. Neste caso, podem ser utilizados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares, assim como nos eletrodutos (itens 6.2.11.1.5 e 6.2.11.4.1 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). Os condutores isolados terão restrição de uso em eletrocalhas e perfilados sem tampa ou com tampa desmontável sem uso de ferramentas, ou em eletrocalhas e perfilados perfurados, com ou sem tampa, sendo instalados em locais somente acessíveis a pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5) conforme tabela 18 da NBR 5410 (ABNT, 2004); ou, sejam instalados a uma altura mínima de 2,50 m do piso. Notar que na referida norma as eletrocalhas são tratadas como um tipo de canaleta (item 6.2.11.4) e, por outro lado, não cita a limitação de ocupação de tais condutos pelos condutores. Há, entretanto, a proposição de Cotrim (2009) de

que a taxa de ocupação da seção transversal da eletrocalha ou perfilado não ultrapasse 40% da área útil.

As canaletas no solo são construídas em “paredes de tijolo revestidas de massa de alvenaria ou podem ser construídas de concreto” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 126). Como cita este autor, os cabos devem preferencialmente serem dispostos em uma única camada, mas admitindo-se a instalação em vários níveis através de prateleiras ou diretamente em suas paredes, contanto que a taxa de ocupação dos cabos não seja superior a 30% da seção transversal da canaleta. Neste tipo de conduto, só podem ser instalados cabos unipolares ou multipolares como previsto no item 6.2.11.4.3 da NBR 5410 (2004).

Nos condutos abertos (bandejas, leitos, prateleiras), suportes horizontais e fixação direta dos canos em paredes ou tetos somente podem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares. Na instalação com bandejas, leitos e prateleiras há a limitação sobre o volume de material combustível representado pelas isolações, coberturas e capas dos cabos que não deve exceder a $3,5 \text{ dm}^3$ por metro linear para cabos da categoria BF e 7 dm^3 por metro linear para cabos da categoria AF ou AF/R da NBR 6812 (ABNT, 1995). Esta preocupação é quanto à limitação do volume de material combustível com o intuito de minimizar ou mesmo evitar que os cabos contribuam para a propagação de incêndio conforme item 6.2.11.3.5 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

Além destes condutos comentados anteriormente, a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) ainda trata dos espaços de construção (item 6.2.11.5), linhas enterradas (item 6.2.11.6), linhas sobre isoladores (item 6.2.11.7), linhas aéreas externas (item 6.2.11.8) e linhas pré-fabricadas (item 6.2.11.4) que devem ser consultados para as especificações a serem seguidas no caso de utilização dos mesmos. As referências bibliográficas como Cotrim (2009), Mamede Filho (2010), Moreno *et al.* (2011) e Souza e Moreno (2001) tratam com bastante explanação sobre as linhas elétricas e devem ser consultadas.

4.4.2 Dispositivos de proteção

A função de um elemento da instalação elétrica, que visa a ação automática perante a determinadas condições anormais que ocorrem num circuito com o intuito de evitar danos à própria instalação, equipamentos e ou pessoas e animais, são desempenhadas por dispositivos de proteção. A ação destes dispositivos, quando detectada a anormalidade para o qual ele foi concebido, faz-se normalmente por seccionamento automático da alimentação. Deve-se

entender por seccionamento, “a ação de desligar completamente um equipamento ou circuito de outros equipamentos ou circuitos, provendo afastamentos adequados que garantam condições de segurança especificadas” (SOUZA; MORENO, 2001, p. 17).

A norma NBR 5410 (ABNT, 2004) salienta que um mesmo dispositivo poderá desempenhar mais de uma função desde que satisfaça todas as prescrições aplicáveis a cada uma das funções (item 6.3.2.3). Além disso, todos os contatos móveis dos polos de dispositivos multipolares devem se abrir ou fechar simultaneamente; exceção única para os contatos destinados ao neutro que podem se fechar antes e se abrir depois dos outros contatos (item 6.3.2.1). Uma observação importante é que qualquer que seja o esquema de aterramento, o condutor de proteção não pode ser seccionado, incluindo o condutor PEN (ver seção 4.3 desta dissertação) do esquema TN-C (item 5.6.2.2).

Conhecidas as prescrições gerais estabelecidas para os diferentes dispositivos de proteção, pode-se passar a verificar as condições estabelecidas na NBR 5410 (ABNT, 2004) quanto ao atendimento requerido de um dispositivo para ser uma proteção eficaz contra choques elétricos ou sobrecorrente ou sobretensão, dentre outras. A referida norma trata estas três proteções como indispensáveis.

4.4.2.1 Proteção contra choques elétricos

No seu item 5.1.4.2, a NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que “a medida de caráter geral a ser utilizada na proteção contra choques é a equipotencialização¹ e o seccionamento automático da alimentação”. A norma deixa explícito que estas duas medidas são indissociáveis, pois elas se completam. Assim, como citado em seu item 5.1.2.2, quando “a equipotencialidade não é o suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas, entra em ação o recurso do seccionamento automático, promovendo o desligamento do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa”.

A proteção contra choques elétricos realizada conjuntamente pela equipotencialização e o seccionamento automático da alimentação é tida como uma proteção supletiva, enquanto a proteção por isolamento das partes vivas e ou pelo uso de invólucros ou barreiras é tida como proteção básica. Até a versão anterior da norma, a proteção básica era conhecida como proteção contra contatos diretos e a proteção supletiva por proteção contra

¹ Maiores esclarecimento acerca da equipotencialização são encontradas na seção 4.3 deste estudo.

contatos indiretos. Estes dois tipos de proteção compreende a proteção contra choques elétricos em caráter geral. Quando as duas proteções não são suficientes, pode-se utilizar de uma proteção adicional como previsto na NBR 5410 (ABNT, 2004). Não obstante, há um caso, denominado de situação 3 no anexo C da referida norma, ou seja, influência externa BB4 (pessoas sob condições imersas na água como, por exemplo, banheiras e piscinas) em que a medida de proteção por equipotencialização e seccionamento automático da alimentação não é aplicável. Neste caso, as prescrições dos itens 9.1 (banheiras) e 9.2 (piscinas) da referida norma devem ser observadas.

A utilização do seccionamento automático da alimentação para proteção contra choques elétricos deve obedecer aos seguintes aspectos gerais referentes à sua aplicação conforme exposto na NBR 5410 (ABNT, 2004), item 5.1.2.2.4.1:

- Um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento sempre que uma falta (entre parte viva e condutor de proteção ou entre parte viva e massa) der origem a uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite U_L . A tensão de contato limite é função das influências externas BB (Tabela 19 – Resistência elétrica do corpo humano) e BC (Tabela 20 – Contato das pessoas com o potencial de terra), gerando as situações 1, 2 e 3 conforme anexo C da referida norma.
- O esquema de aterramento (TN, TT ou IT) da instalação é condicionante para a determinação do seccionamento automático da alimentação tanto para a especificação do tipo de dispositivo de proteção quanto ao tempo máximo admissível para atuação do mesmo.
- Admite-se um tempo de seccionamento superior aqueles tratados em cada tipo de esquema de aterramento, mas não superior a 5 s desde que o circuito alimente somente equipamentos fixos e não haja a possibilidade de propagação da falta para algum equipamento móvel na proximidade.
- Tempos de seccionamento maiores que os impostos por uma determinada situação de influência externa são admitidos se forem adotadas providências compensatórias como indicado no item 5.1.4.4.

- Ainda assim, caso haja uma situação que o seccionamento automático da alimentação não atenda algum tempo de seccionamento máximo citado nos tópicos anteriores, deve-se realizar uma equipotencialização suplementar conforme item 5.1.3.1.

Além dessas prescrições gerais, analisando a situação conforme cada esquema de aterramento, pode-se escolher o dispositivo de proteção contra choque elétrico de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004).

a) Esquema TN

Devem ser obedecidas, dentre outras, as seguintes prescrições (ver item 5.1.2.2.4.2):

- Havendo a ocorrência de uma falta de impedância desprezível, caso mais severo, entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, o seccionamento automático se efetue em um tempo no máximo igual ao especificado na tabela 25 da NBR 5410 (ABNT, 2004). A prescrição será atendida se satisfeita a seguinte condição:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

Onde:

Z_s – Impedância, em ohms, do percurso da corrente de falta, composto da fonte, do condutor vivo (fase), até o ponto da ocorrência da falta, e do condutor de proteção, do ponto de ocorrência da falta até a fonte;

I_a – Corrente, em ampères, que assegura a atuação do dispositivo de proteção num tempo no máximo igual ao especificado na tabela 25 da referida norma, ou a 5 s, no caso previsto no terceiro tópico das prescrições gerais acima;

U_0 – Tensão nominal, em volts, entre fase e neutro, valor eficaz em corrente alternada.

- Neste esquema de aterramento, admite-se a utilização dos seguintes dispositivos de proteção para seccionamento automático contra choques elétricos:
 - Dispositivos de proteção a sobrecorrente (disjuntor e fusível);

- Dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR), exceto na variante TN-C onde se utiliza o condutor PEN que desempenha a função de condutor neutro e de condutor de proteção conjuntamente.

b) Esquema TT

As seguintes prescrições também devem ser atendidas além daquelas gerais (ver item 5.1.2.2.4.3):

- Neste esquema devem ser usados somente dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR) no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos. Os dispositivos de proteção a sobrecorrente não atendem normalmente à prescrição seguinte e, por isso, não são considerados como proteção eficaz no esquema TT.
- Deve-se atender a seguinte condição:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

Onde:

R_A – Soma das resistências, em ohms, do eletrodo de aterramento e dos condutores de proteção;

$I_{\Delta n}$ – Corrente diferencial-residual nominal do dispositivo DR, em ampères;

U_L – Tensão de contato limite, em volts (anexo C da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

c) Esquema IT

As seguintes prescrições devem ser obedecidas além daquelas gerais (Item 5.1.2.2.4.4):

- Na concordância com a característica de uso do esquema IT vista na seção 4.3 desta dissertação, a ocorrência de uma única falta à massa ou à terra resulta numa corrente de

pequena intensidade, não sendo necessário o seccionamento automático da alimentação se satisfeita a condição do próximo tópico. No entanto, deve-se tomar providências para evitar o risco de tensões de contato perigosas no caso de ocorrência de uma segunda falta que envolverá outro condutor vivo.

- Na ocorrência de uma primeira falta à massa ou à terra para que não seja imperativo o seccionamento automático, a seguinte condição precisa ser satisfeita:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

Onde:

R_A – Resistência do eletrodo de aterramento das massas, em ohms;

I_d – Corrente de falta, em ampères, resultante de uma primeira falta direta entre um condutor de fase e uma massa. O valor de I_d leva em conta as correntes de fuga naturais e a impedância global de aterramento da instalação;

U_L – Tensão de contato limite, em volts. (anexo C da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

- Um dispositivo supervisor de isolamento (DSI) deve ser previsto para indicar a ocorrência de uma primeira falta à massa ou à terra. Esse dispositivo deve acionar um sinal sonoro e ou visual, que deve perdurar enquanto a falta persistir. A intenção disto é que a primeira falta deve ser localizada e eliminada o mais breve possível, recomendando-se a utilização de sistemas supervisórios de localização de faltas.
- No caso da ocorrência de uma segunda falta, o seccionamento automático da alimentação visando a proteção contra choques elétricos deve ser seguindo as regras definidas para o esquema TT ou TN conforme a configuração de aterramento das massas:
 - As considerações aplicáveis são aquelas prescritas para o esquema TT quando a proteção envolver massas ou grupos de massas vinculadas a eletrodos de aterramento distintos;
 - As considerações aplicáveis são aquelas do esquema TN quando a proteção

envolver massas ou grupo de massas que estejam todas interligadas por condutor de proteção e vinculadas ao mesmo eletrodo de aterramento. Neste caso há que atender uma das condições:

$$1^a) \text{ Quando o neutro não for distribuído: } Z_s \leq U/(2 \cdot I_a)$$

$$2^a) \text{ Quando o neutro for distribuído: } Z'_s \leq U_0/(2 \cdot I_a)$$

Onde:

Z_s – Impedância, em ohms, do percurso da corrente de falta quando o neutro não é distribuído, composto do condutor fase e do condutor de proteção do circuito;

Z'_s – Impedância, em ohms, do percurso da corrente de falta quando o neutro é distribuído, composto do condutor neutro e do condutor de proteção do circuito;

U – Tensão nominal entre fases, em volts, valor eficaz em corrente alternada;

U_0 – Tensão nominal entre fase e neutro, em volts, valor eficaz em corrente alternada;

I_a – Corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção num tempo no máximo igual ao especificado na tabela 26 da referida norma, ou a 5 s, no caso previsto no terceiro tópico das prescrições gerais acima (referência ao item 5.1.2.2.4.1 da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

- No esquema IT, na ocorrência de uma segunda falta, no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos podem ser utilizados os seguintes dispositivos de proteção:
 - Dispositivos de proteção a sobrecorrente (disjuntor e fusível);
 - Dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

Na própria norma NBR 5410 (ABNT, 2004) podem ser encontradas mais informações sobre este tipo de proteção, tão quanto um estudo detalhado sobre proteção contra choques elétricos em Cotrim (2009), capítulos 3, 7 e 8. Uma atenção especial deve-se

ter quanto ao uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade (corrente diferencial-residual igual ou inferior a 30 mA), em especial, nos casos em que esta proteção adicional é de uso obrigatório conforme trata o item 5.1.3.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004). Em suma, circuitos que atendam locais sujeitos a lavagens ou a áreas molhadas.

4.4.2.2 Proteção contra sobrecorrentes

No item 4.1.3 da NBR 5410 (ABNT, 2004), é citado que “as pessoas, os animais e os bens devem ser protegidos contra os efeitos negativos de temperaturas ou solicitações eletromecânicas excessivas resultantes de sobrecorrentes a que os condutores vivos possam ser submetidos”.

As sobrecorrentes podem ser subdivididas em dois tipos nas instalações elétricas, a corrente de sobrecarga e a corrente de falta. A corrente de sobrecarga é aquela sobrecorrente em um circuito que não é proveniente de uma falta elétrica (ver glossário). A corrente de falta, por sua vez, é aquela que, num circuito ou num equipamento, circula de um condutor para outro e ou para a terra (ou para a massa), no caso da ocorrência de uma falta. Desta forma, a corrente de curto-circuito, que é um caso particular da corrente de falta, deve ser entendida como a sobrecorrente que resulta de uma falta direta entre condutores vivos sob potenciais diferentes, ou seja, entre condutores de fase e ou entre condutor(es) de fase e o condutor neutro (SOUZA; MORENO, 2001).

Numa forma geral, a NBR 5410 (ABNT, 2004), item 5.3.1.1, estabelece que “os condutores vivos devem ser protegidos, por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos”, excetuando-se os casos em que as sobrecorrentes forem limitadas (item 5.3.7) e aqueles casos em que for possível ou recomendável omitir tais proteções (itens 5.3.4.3, 5.3.4.4 e 5.3.5.3). A finalidade dos dispositivos de proteção contra sobrecorrentes destina-se a interrompê-las antes que se tornem perigosas quanto aos seus efeitos térmicos e mecânicos, ou resultem em uma elevação de temperatura que possa prejudicar a isolação, as terminações, as conexões e a circunvizinhança dos condutores. Deve-se alertar que tal proteção, em princípio, não é garantida necessariamente para os equipamentos ligados à instalação.

A prescrição da NBR 5410 (ABNT, 2004) é que a detecção de sobrecorrentes deve ser realizada em todos os condutores de fase, exceto possivelmente num caso particular do esquema IT sem o condutor neutro (item 5.3.2.1.2). Num primeiro momento, a referida norma

permite que o seccionamento do condutor possa ser somente onde a sobrecorrente for detectada, não provocando o seccionamento dos outros condutores vivos. No entanto, nos locais de habitação todos os condutores de fase devem ser seccionados simultaneamente (item 9.5.4) e, numa situação, em que o seccionamento de uma só fase puder causar perigo, devem ser tomadas precauções apropriadas.

Quanto à proteção do condutor neutro, quando exigida nas condições impostas conforme o esquema de aterramento (TN, TT ou IT), pode-se verificar o item 5.3.2.2 da referida norma. Atenta-se, nessa situação, que o condutor neutro não seja seccionado antes e nem restabelecido após os condutores de fase (item 5.3.2.3).

No item 5.3.3 da NBR 5410 (ABNT, 2004) são discriminados os possíveis dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, seja para as correntes de sobrecarga, seja para as correntes de curto-circuito. São aceitos os disjuntores ou dispositivos fusíveis que atendam a uma das normas citadas nos itens 5.3.3.1 a 5.3.3.3 conforme a natureza dos mesmos.

a) Proteção contra correntes de sobrecarga

A condição básica como colocado por Moreno *et al* (2011, p. 95) é que “todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente nesse circuito quando ela ultrapassar o valor da capacidade de condução de corrente nominal em pelo menos um de seus condutores”. Além disso, a interrupção da corrente de sobrecarga deve ocorrer em um tempo suficientemente curto para que os valores de temperatura nos condutores não atinjam o limite correspondente em sobrecarga conforme tabela 35 da NBR 5410 (ABNT, 2004), ou seja, 100 °C para os condutores com isolamento em PVC e 130 °C para os condutores com isolamento em EPR ou XLPE (MORENO *et al*, 2011).

Assim, a NBR 5410 (ABNT, 2004), item 5.3.4, estabelece que para a efetividade da proteção dos condutores contra sobrecargas, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que:

- (i) $I_B \leq I_n \leq I_z$;
- (ii) $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

Onde:

I_B – Corrente de projeto do circuito;

I_z – Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;

I_n – Corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_2 – Corrente convencional de atuação para disjuntores ou corrente convencional de fusão para fusíveis.

Numa maneira geral, a localização dos dispositivos que asseguram proteção contra correntes de sobrecarga devem ser nos pontos onde uma mudança qualquer resulte na redução da capacidade de condução de corrente dos condutores. Esta mudança pode ser originada por uma troca de seção, alteração da maneira de instalar, alteração no número de cabos agrupados ou do tipo de isolamento, entre outras (MAMEDE FILHO, 2010).

Por outro lado, o dispositivo destinado a proteger uma determinada linha elétrica contra sobrecargas pode não ser localizado exatamente no ponto da alteração citado no parágrafo anterior, mas mais adiante. A condição para isso é que não haja nenhuma derivação ou tomada de corrente entre esta alteração e o ponto de instalação do dispositivo de proteção. Outra imposição é que esta parte da linha deve estar protegida contra curtos-circuitos ou com o deslocamento não excedendo a 3 m e não estar situado nas proximidades de materiais combustíveis. Essa possibilidade de deslocamento não é válida em esquemas de aterramento IT (item 5.3.4.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

A referida norma prevê também os casos em que possa haver omissão da proteção contra sobrecargas (item 5.3.4.3). Entretanto, há casos em que a omissão da proteção contra sobrecargas é recomendada por razões de segurança (item 5.3.4.4). São exemplos dessa situação os circuitos de excitação de máquinas rotativas, circuitos de eletroímãs para elevação de cargas, circuitos secundários de transformadores de corrente e circuitos de motores usados em serviços de segurança (bomba de incêndio, sistemas de extração de fumaça, etc.).

b) Proteção contra correntes de curto-circuito

O princípio básico é que “devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos dessa corrente possam tornar-se perigosos aos condutores e suas ligações” (CREDER, 2007, p. 109). Assim, a interrupção dessa corrente deve acontecer num tempo suficientemente breve para que não seja atingido o valor de temperatura limite de curto-circuito nos condutores conforme especificado na tabela 35 da NBR 5410 (ABNT, 2004), isto é, 160 °C para os condutores com isolamento em PVC e seção até 300 mm² ou 140 °C com seção maior que 300 mm² e 250 °C para os condutores com isolamento em EPR ou XLPE (MORENO *et al*, 2011).

As características requeridas dos dispositivos destinados a prover proteção contra correntes de curto-circuito conforme a NBR 5410 (ABNT, 2004), item 5.3.5, são as seguintes:

- A capacidade de interrupção do dispositivo deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto onde for instalado. É admitido um dispositivo com capacidade de interrupção inferior caso, a montante, exista outro dispositivo com a capacidade de interrupção necessária que deve ser coordenado com o anterior (item 5.3.5.5.1).
- A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser no máximo igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, o que pode ser indicado pela seguinte expressão:

$$\int_0^t [i(t)]^2 dt \leq K^2 \cdot S^2$$

Onde:

$\int_0^t [i(t)]^2 dt$ – Integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo;

$K^2 \cdot S^2$ - Integral de Joule (energia) capaz de elevar a temperatura do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, supondo-se aquecimento adiabático. O valor de K é indicado na tabela 30 da norma variante com o material condutor e o tipo de isolamento e S é a seção do condutor, em milímetros quadrados.

OBS: Nos casos de curtos-circuitos onde a assimetria da corrente não seja significativa ou nos curtos-circuitos assimétricos com duração de 0,1 s a 5 s, a expressão acima pode ser escrita como:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

Onde:

I – Corrente de curto-circuito presumida simétrica, em ampères, valor eficaz;

t – Tempo decorrido do curto-circuito, em segundos.

Além dessas características comuns, na seleção dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos, a atenção para os dispositivos fusíveis (item 6.3.4.3.1) e para os disjuntores (item 6.3.4.3.2) devem ser observadas. Considera-se nesses casos, a corrente de curto-circuito mínima presumida como aquela correspondente a um curto-circuito de impedância desprezível que ocorra no ponto mais distante da linha protegida.

Quanto aos dispositivos fusíveis, para aplicação das prescrições relativas a curtos-circuitos de duração máxima de 5 s (item 5.3.5), a seguinte condição deve ser atendida (figura 16):

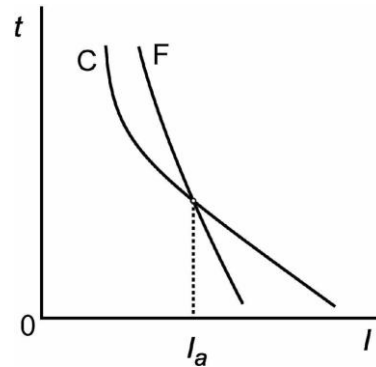
$$I_a \leq I_{kmin}$$

Onde:

I_a – Corrente correspondente à interseção das curvas C (condutor) e F (fusível) da figura 16;

I_{kmin} – Corrente de curto-circuito mínima presumida.

Figura 16: Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de fusão do fusível.



Legenda:

C = curva de suportabilidade térmica do condutor;

F = curva de fusão do fusível (limite superior da faixa de atuação).

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 128).

Quanto aos disjuntores, sob as mesmas prescrições impostas aos dispositivos fusíveis, as duas condições seguintes devem ser cumpridas (figuras 17 e 18):

- (i) $I_a \leq I_{kmin}$;
- (ii) $I_b \geq I_k$.

Onde:

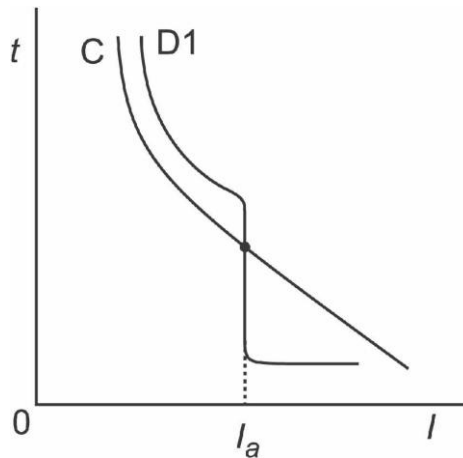
I_a – Corrente correspondente à interseção das curvas C (condutor) e D1 (disjuntor) da figura 17;

I_{kmin} – Corrente de curto-circuito mínima presumida;

I_b – Corrente correspondente à interseção das curvas C' (condutor) e D2 (disjuntor) da figura 18;

I_k – Corrente de curto-circuito máxima presumida no ponto instalação do disjuntor.

Figura 17: Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de atuação do disjuntor.



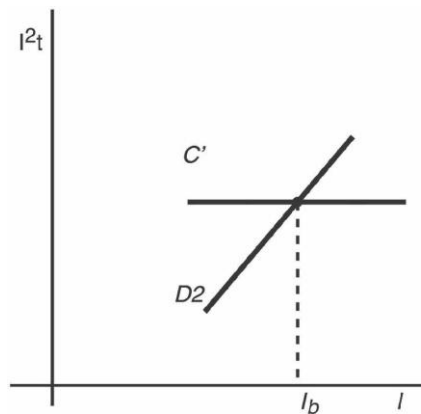
Legenda:

C = curva de suportabilidade térmica do condutor;

D1 = curva de atuação do disjuntor.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 129).

Figura 18: Interseção da curva da integral de Joule suportável pelo condutor com a curva da integral de Joule que o disjuntor deixa passar.



Legenda:

C' = curva I^2t admissível do condutor (trecho da curva);

D2 = curva característica I^2t do disjuntor (trecho da curva).

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 129).

A localização dos dispositivos que asseguram proteção contra curtos-circuitos, em princípio, deve ser em todos os pontos onde ocorre uma mudança que resulte em alteração do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores (item 5.3.5.2.1 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). No entanto, como na proteção contra sobrecargas, é previsto a situação de o dispositivo destinado a prover proteção contra curtos-circuitos ser posicionado mais adiante

do ponto que ocorra a tal mudança. Nestas condições, uma das medidas deve ser atendida: ou o deslocamento não exceda a 3 m e não esteja situado próximo a materiais combustíveis, ou esteja protegido contra curtos-circuitos por um dispositivo localizado a montante (item 5.3.5.2.2).

A omissão da proteção contra curtos-circuitos pode ser admitida em alguns casos, contanto que a linha seja realizada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito (proteção reforçada contra influências externas, por exemplo) e não se situe nas proximidades de materiais combustíveis. Os casos enumerados nessa situação pela NBR 5410 (ABNT, 2004) no item 5.3.5.3 são: linhas ligando geradores, transformadores, retificadores e baterias de acumuladores aos quadros de comandos ou distribuição correspondentes; circuitos cujo desligamento possa significar perigo para a instalação correspondente, como aqueles citados no item 5.3.4.4 da referida norma e mencionados no último parágrafo da parte de correntes contra sobrecarga, nesta seção, bem como certos circuitos de medição.

c) Coordenação entre a proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos

Há duas situações distintas relacionadas à coordenação de proteção contra sobrecorrentes. A primeira é quando as proteções contra sobrecargas e contra curtos-circuitos são providas por um mesmo dispositivo. A segunda é quando a proteção contra sobrecargas e a proteção contra curtos-circuitos são efetuadas por dispositivos distintos.

Na primeira situação, a coordenação é satisfatória se o dispositivo destinado à proteção contra sobrecargas possuir uma capacidade de interrupção pelo menos igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto de sua instalação, mas também atender ao disposto no item 5.3.5.5.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004) sobre a integral de Joule que deixa passar ser inferior àquela necessária para atingir a temperatura limite do condutor na condição de curto-circuito.

Na segunda situação, aplicando-se as disposições da referida norma em seu item 5.3.4 para o dispositivo de proteção contra sobrecargas e o item 5.3.5 para o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos conforme visto anteriormente, a coordenação será satisfeita se a energia que o dispositivo de proteção contra curtos-circuitos deixa passar não for superior à que pode suportar, sem danos, o dispositivo de proteção contra sobrecargas quando da ocorrência de um curto-circuito.

Estudos complementares e mais detalhados podem ser encontrados em Cotrim (2009) sobre assuntos da própria proteção contra sobrecorrente (capítulo 11), bem como assuntos correlacionados como a questão de aquecimento de condutores e sobrecargas (capítulo 9) e cálculo das correntes de curto-circuito (capítulo 10). Em Mamede Filho (2010), capítulo 10, é discutido amplamente a proteção de sobrecorrente em instalações de baixa tensão e também foca o mesmo tipo de proteção em instalações de média tensão.

4.4.2.3 Proteção contra sobretensões

Um dos princípios fundamentais estabelecidos na NBR 5410 (ABNT, 2004) é a proteção contra sobretensões. Como citado no item 4.1.5 da referida norma, “as pessoas, os animais e os bens devem ser protegidos contra as consequências prejudiciais de ocorrências que possam resultar em sobretensões, como faltas entre partes vivas de circuitos sob diferentes tensões, fenômenos atmosféricos e manobras”.

As sobretensões numa instalação elétrica de baixa tensão podem ser classificadas quanto a sua origem em dois tipos:

- Sobretensões temporárias: Elas ocorrem “quando existe uma falha de isolamento para outra instalação de tensão mais elevada ou quando acontece a perda do condutor neutro em esquemas de aterramento TN e TT” (MORENO *et al*, 2011, p. 37). As sobretensões causadas por falhas de isolamento em instalação de tensão mais elevada podem ser detectadas quando: ocorre uma falta para terra do lado da instalação com tensão maior, ou um condutor do circuito de maior tensão acidentalmente entra em contato com outro condutor de circuito com tensão mais baixa, ou ocorre um defeito interno no transformador que provoque o contato entre os enrolamentos de baixa e alta tensão ou o contato do enrolamento de alta com a carcaça do equipamento. As medidas orientativas quanto a evitar as sobretensões temporárias é a separação física por meio de invólucros ou barreiras ou a utilização de condutos fechados distintos ou condutos abertos com separação conforme a situação. Quanto à perda do neutro em esquemas de aterramento TN e TT, a medida preventiva é que os componentes da instalação sejam selecionados de forma que a sua tensão nominal de isolamento seja pelo menos igual à tensão nominal entre fases da instalação (MORENO *et al*, 2011).

- Sobretensões transitórias: São aquelas “devidas às descargas atmosféricas, descargas oriundas do acúmulo de eletricidade estática entre pontos diferentes da instalação e manobras (chaveamento) de circuitos” (MORENO *et al*; 2011, p. 38). As sobretensões transitórias provenientes de descargas atmosféricas podem ser por incidência direta nas edificações, nas linhas aéreas de alimentação da instalação, ou muito próximas a elas, que produzem tensões conduzidas e induzidas com impulsos caracterizados por seu valor de crista. Nos casos de sobretensões por manobras de chaves, elas decorrem pelo seccionamento rápido da corrente elétrica em um circuito de indutância elevada, podendo chegar a quatro ou cinco vezes o valor da tensão nominal em tempos inferiores a 1 ms (MORENO *et al*, 2011).

A proteção contra sobretensões transitórias em linhas de energia deve ser provida por dispositivo de proteção contra surtos (DPS) ou por outros meios que garantam uma atenuação no mínimo equivalente a do DPS. Essa proteção deve ser providenciada de acordo com o item 5.4.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004) sempre que a instalação for alimentada por linha aérea (total ou parcialmente) ou ela própria incluir linha aérea e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano); ou, quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3 (riscos de descargas atmosféricas diretas).

A referida norma ainda estabelece no item 5.4.2.3 que os componentes da instalação, em função da tensão nominal desta e o posicionamento, devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior àqueles indicados na tabela 31 da mesma. A tensão de impulso suportável caracteriza o nível de sobretensões transitórias que o isolamento de um produto consegue suportar sem interrupções.

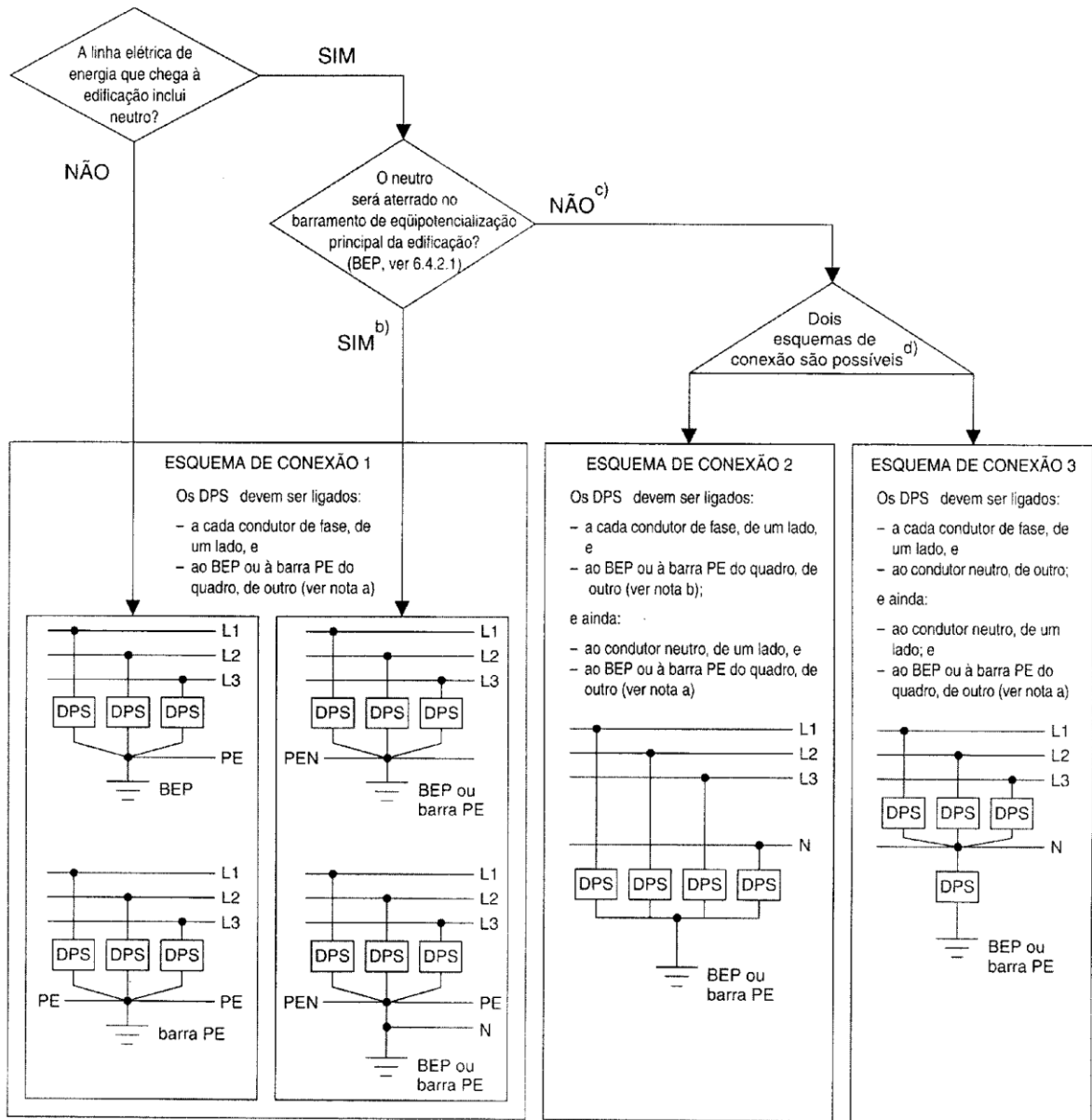
Na verdade, como citado por Cotrim (2009), as condições mínimas para proteção das instalações elétricas contra sobretensões transitórias são a existência de um eletrodo de aterramento eficiente, a garantia de ligações equipotenciais locais de uma menor diferença de tensões entre os componentes envolvidos (inclui-se a instalação de para-raios de linha e DPS do tipo comutador de tensão), bem como a diminuição das tensões induzidas que adentram a instalação, realizadas por meio de DPS do tipo atenuador de tensão. Estas devem ser as prerrogativas de análise para a proteção contra sobretensões na instalação e se ela será contra surtos conduzidos (diretos) e ou induzidos (indiretos) conforme os quesitos estabelecidos nas normas NBR 5410 (ABNT, 2004) e NBR 5419 (ABNT, 2015).

Desta forma, na utilização de DPS, seja por necessidade conforme item 5.4.1.1 da NBR 5410 (ABNT, 2004) ou por especificação, esta norma dispõe no item 6.3.5.2.1 que deve ser respeitado os seguintes critérios quanto à localização:

- Quando o objetivo for a proteção por sobretensões de origem atmosférica transmitida pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, ou seja, surtos induzidos, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal que deverá ser localizado o mais próximo possível do ponto de entrada.
- Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades (surtos conduzidos), os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.

A forma de instalação dos DPS no ponto de entrada ou no quadro de distribuição principal pode ser vista no esquema a seguir (figura 19), o qual se encontra no item 6.3.5.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004) denominado 'figura 13'. Quando for necessária a instalação de DPS em outros pontos da instalação, o mesmo esquema pode ser utilizado para a orientação e o item 6.3.5.2.3 da referida norma. Nessa situação, é prudente a atenção com a coordenação entre os DPS dispostos ao longo da instalação que deve seguir as instruções claras e suficientes fornecidas pelos fabricantes.

Figura 19: Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação.



NOTAS

a) A ligação ao BEP ou à barra PE depende de onde, exatamente, os DPS serão instalados e de como o BEP é implementado, na prática. Assim, a ligação será no BEP quando:

- o BEP se situar a montante do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como deve ser, nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados então junto do BEP, e não no quadro; ou
- os DPS forem instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP.

Por conseqüência, a ligação será na barra PE, propriamente dita, quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.

b) A hipótese configura um esquema que entra TN C e que prossegue instalação adentro TN C, ou que entra TN C e em seguida passa a TN S (aliás, como requer a regra geral de 5.4.3.6). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado no BEP, direta ou indiretamente (ver figura G.2). A passagem do esquema TN C a TN S, com a separação do condutor PEN de chegada em condutor neutro e condutor PE, seria feita no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).

- c) A hipótese configura três possibilidades de esquema de aterramento: TT (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em esquema TN S.
- d) Há situações em que um dos dois esquemas se torna obrigatório, como a do caso relacionado na alínea b) de 6.3.5.2.6.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 131).

Os tipos de DPS encontrados são o comutador de tensão, atenuador de tensão e combinado. A definição de cada tipo está assim descrita em Cotrim (2009, p. 376):

- DPS comutador de tensão ou curto-circuitante: Dispositivo que tem a propriedade de mudar bruscamente o valor de sua impedância, de muito alto para praticamente desprezível, em função do aparecimento de um impulso de tensão em seus terminais.
- DPS atenuador de tensão ou supressor de surto: Dispositivo que tem a propriedade de mudar paulatinamente o valor de sua impedância, de muito alto para praticamente desprezível, quando aparece um impulso de tensão em seus terminais.
- DPS combinado: Incorpora no mesmo dispositivo as propriedades dos DPSs comutadores e dos atenuadores de tensão.

Assim, a proteção contra surtos induzidos (indiretos) deverá ser feita com DPS do tipo atenuador de tensão ou combinado enquanto a proteção contra surtos conduzidos (diretos) deverá ser realizada com DPS do tipo comutador de tensão ou combinado (COTRIM, 2009). São exemplos de DPS do tipo comutador de tensão aqueles a base de centelhadores, tubos a gás, tiristores ou triacs e de DPS do tipo atenuador de tensão aqueles com os componentes a base de varistores ou diodos supressores (MORENO *et al*, 2011).

Na seleção dos DPS, a NBR 5410 (ABNT, 2004) coloca no item 6.3.5.2.4 as características mínimas e requer o atendimento à norma IEC 61643-1 (*Low Voltage Surge Protective Device*) cuja versão brasileira idêntica é a NBR IEC 61643-1 (ABNT, 2007). Essas características a serem satisfeitas são:

- Nível de proteção (U_p): Os DPS devem ser compatíveis com a categoria II de suportabilidade a impulsos conforme a tabela 31 da NBR 5410 (ABNT, 2004). Quando o nível de proteção exigido não puder ser atendido com somente um conjunto de DPS, devem ser utilizados DPS suplementares de tal forma que o nível de proteção requerido seja satisfeito e também a coordenação entre eles.
- Máxima tensão de operação contínua (U_C): O valor deste parâmetro deve ser igual ou superior aos valores indicados na tabela 49 da NBR 5410 (ABNT, 2004), que varia

conforme a conexão do DPS e o esquema de aterramento presente na instalação.

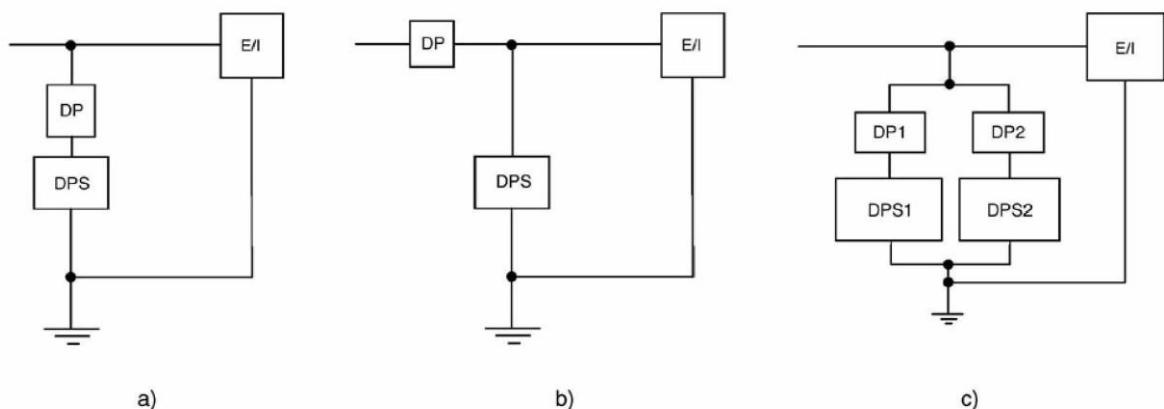
- Suportabilidade a sobretensões temporárias: O DPS deve atender aos ensaios pertinentes especificados na NBR IEC 61643-1 (ABNT, 2007).
- Corrente nominal de descarga (I_n) e ou corrente de impulso (I_{imp}): Nesta seleção, é verificada três situações:
 - A primeira é quando o DPS for destinado à proteção contra surtos induzidos (indiretos), sua corrente nominal de descarga I_n para cada modo de proteção não deve ser inferior a 5 kA (8/20 μ s). Todavia, quando o DPS for usado entre neutro e condutor de proteção (PE), em redes trifásicas, I_n não deve ser inferior a 20 kA (8/20 μ s) e, em redes monofásicas, a 10 kA (8/20 μ s) no esquema de conexão 3 (figura 19). Nesse caso, o DPS apropriado é de classe II, ou seja, curva de ensaio 8/20 μ s.
 - A segunda é quando o DPS for destinado à proteção contra surtos conduzidos (diretos), sua corrente de impulso I_{imp} deve ser determinada com base na IEC 61312-1 e, se isto não for possível, ela não deve ser inferior a 12,5 kA para cada modo de proteção. No caso de DPS usado entre neutro e PE, no esquema de conexão 3 (figura 19), I_{imp} deve ser calculado também conforme a IEC 61312-1; ou, caso isto não seja possível, I_{imp} não deve ser inferior a 50 kA para uma rede trifásica ou a 25 kA para uma rede monofásica. Nesse caso, o DPS apropriado é de classe I, ou seja, curva de ensaio 10/350 μ s.
 - A terceira é quando o DPS for destinado, simultaneamente, à proteção contra todas as sobretensões relacionadas nas duas situações anteriores. Os valores de I_n e I_{imp} do DPS devem ser determinados, individualmente, seguindo os mesmos procedimentos acima.
- Suportabilidade à corrente de curto-circuito: Como há a possibilidade de falha do DPS, sua capacidade de suportabilidade à corrente de curto-circuito deve ser igual ou superior à corrente de curto-circuito presumida no ponto em que vier a ser instalado. Quando o DPS incorporar centelhador(es), a capacidade de interrupção de corrente subsequente declarada pelo fabricante deve ser igual ou superior à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do dispositivo. No caso de DPS conectados entre neutro e PE, a capacidade

de interrupção de corrente subsequente deve ser no mínimo 100 A em esquema TN ou TT e deve ser a mesma dos DPS conectados entre fase e neutro no esquema IT.

Uma situação importante a ser relevada na utilização de DPS é a imposição da necessidade de dispositivo de proteção contra sobrecorrente perante a possibilidade de falha interna daquele, fazendo com que entre em curto-circuito. A NBR 5410 (ABNT, 2004) no item 6.3.5.2.5 permite três possibilidades de arranjos entre tais dispositivos de maneira que possa priorizar a continuidade do serviço ou a continuidade da proteção (figura 20).

Deste modo, a opção da figura 20-a assegura a continuidade de serviço, mas significa a ausência de proteção contra sobretensão no caso de atuação do dispositivo de proteção contra sobrecorrente. Por outro lado, a opção da figura 20-b interrompe a alimentação do circuito na atuação do dispositivo de proteção contra sobrecorrente devido à falha do DPS. A terceira situação, figura 20-c, decorre da utilização de DPS idênticos cada um protegido pelos dispositivos de proteção de sobrecorrente correspondente e idênticos que na falha de um dos DPS permite a continuidade da proteção de sobretensão pelo outro e a continuidade de serviço.

Figura 20: Possibilidades de posicionamento do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes no uso de DPS.



DP: dispositivo de proteção contra sobrecorrentes
 DPS: dispositivo de proteção contra surtos
 E/I: equipamento/instalação a ser protegida contra sobretensões

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 135).

Outra importante compatibilidade que deve ser averiguada é quanto ao uso de dispositivos DR e DPS. Caso os DPS sejam instalados a montante dos dispositivos DR, evitar-se-ão os possíveis desligamentos intempestivos destes, causados pelas correntes de fuga

inerentes aos DPS, especificamente daqueles com componentes semicondutores. Caso os DPS sejam instalados a jusante dos dispositivos DR, estes deverão possuir uma imunidade a correntes de surto de no mínimo 3 kA (8/20 μ s), ou seja, ser do tipo S conforme explícito no item 6.3.5.2.6 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

Uma atenção notória na instalação de DPS deve ter quanto à conexão de condutores para integração dos mesmos à instalação. Todo o trecho desde a conexão ao condutor vivo até o DPS e deste até ao barramento de proteção ou barramento de equipotencialização principal (BEP), somados, não deve ser superior a 0,5 m conforme item 6.3.5.2.9 da NBR 5410 (ABNT, 2004). Além disso, a seção mínima do condutor de cobre entre DPS e BEP deve ser de 4 mm² no caso de proteção contra surtos indiretos ou 16 mm² no caso de proteção contra surtos diretos. O condutor entre o lado de conexão ao condutor vivo da linha e o DPS deve ser dimensionado pela suportabilidade da corrente de curto-circuito prevista no ponto.

Mais detalhes e especificações podem ser observadas nas normas NBR 5410 (ABNT, 2004) e NBR 5419 (ABNT, 2015), no capítulo 12 de Cotrim (2009) e nas páginas 37 a 57 de Moreno *et al* (2011).

4.4.3 Quadros de Distribuição

Diversas são as nomenclaturas e entendimento sobre o que seja um quadro de distribuição de circuitos. Talvez, este nome seja o mais comumente encontrado no cotidiano e entendido como tal. Entretanto, podem-se verificar também as denominações quadro de luz, quadro de força, centro de distribuição e até painéis elétricos (quadros maiores). No rigor das normas, o quadro de distribuição é um dos tipos de conjuntos de proteção, manobra e comando e assim é tratado na NBR 5410 (ABNT, 2004).

No Brasil, as normas atualmente em vigor que tratam dos quadros elétricos propriamente ditos para aplicação em instalações de baixa tensão são a NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003) e NBR IEC 60439-3 (ABNT, 2004).

A NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003) prescreve de uma maneira mais geral os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, explicitando conjunto de ensaios de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaios de tipo parcialmente testados (PTTA). Ela é uma norma equivalente à versão de 1999 da IEC 60439-1, ou seja, uma tradução fiel desta para a língua portuguesa.

A NBR IEC 60439-3 (ABNT, 2004) é mais restritiva e expõe os requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização (quadros de distribuição). Esta norma é equivalente à versão de 2001 da IEC 60439-3. São tratados nesta norma aqueles conjuntos destinados a uso interno, em circuitos de corrente alternada cuja tensão nominal fase-terra não exceda a 300 V. Além disso, os circuitos de saída contêm os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes de até 125 A e a corrente de entrada não ultrapassa 250 A.

Assim, Moreno *et al.* (2011, p. 120) cita que:

Conforme a norma NBR IEC 60439-1, um conjunto de manobra de baixa tensão é a combinação de um ou mais dispositivos e equipamentos de manobra, controle, medição, sinalização, proteção, regulação, etc., completamente montados, com todas as interconexões internas elétricas e mecânicas e partes estruturais sob a responsabilidade do fabricante.

Esta definição define claramente a função de um conjunto de manobras, entre eles, o quadro de distribuição e vai de encontro à colocação de Souza e Moreno (2001, p. 250):

De acordo com a NBR IEC 60050 (826), quadro de distribuição é o “equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição”.

Compreendido estas definições, passa-se à preocupação do que seja TTA e PTTA conforme aparece na NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003) e pouco entendido no mercado.

A sigla TTA (*Type Tested Assembly*) indica os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão com ensaios do tipo totalmente testados. Um quadro de distribuição com esta nomenclatura confere que foi ensaiado conforme as diretrizes da referida norma, seguindo a um projeto elétrico e mecânico padrão, onde o desempenho do mesmo é assegurado pelos testes feitos nos diversos componentes individualmente (barramentos, alimentadores, etc.) ou nos conjuntos completos. Os seguintes ensaios de tipo são requeridos pela NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003):

- a) Verificação dos limites de elevação de temperatura;
- b) Verificação das propriedades dielétricas;
- c) Verificação da corrente suportável de curto-circuito;
- d) Verificação da eficácia do circuito de proteção;

- e) Verificação das distâncias de escoamento e de isolamento;
- f) Verificação do funcionamento mecânico;
- g) Verificação do grau de proteção.

A sigla PTTA (*Partially Type Tested Assembly*) identifica os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão com disposições de tipo ensaiado e disposições de tipo não ensaiado, sendo estes substituídos por cálculos ou inferência a partir de dados de um TTA. Os ensaios que podem ser substituídos por cálculos ou inferências são os de elevação de temperatura e corrente suportável de curto-circuito, sendo indispensável a realização dos demais ensaios mencionados anteriormente para o tipo TTA (MORENO *et al*; 2011).

No projeto de instalações elétricas, as informações mínimas a serem indicadas quanto aos quadros de distribuição são conforme Moreno *et al* (2011):

- Tensão nominal, em volts.
- Corrente nominal, em ampères (corrente de todos os barramentos, principal e secundários).
- Capacidade de curto-circuito, em quiloampères.
- Grau de proteção (através do índice IP que fornece o nível de proteção contra sólidos e contra água).
- Tipo de montagem (sobrepôr ou de embutir).
- Tipo de invólucro (material constituinte).

Além dos conjuntos montados em fábrica, que devem atender a NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003) e conforme o caso a NBR IEC 60439-2 (ABNT, 2004), a NBR 5410 (ABNT, 2004) permite outros conjuntos desde que atendam os níveis de desempenho e segurança equivalentes (item 6.5.4.2). Ainda assim, esta norma exige que os conjuntos devam ser especificados, montados e instalados atendendo às prescrições de segurança da mesma (item 6.5.4.3), bem como os dispositivos de proteção, manobra e comando serem instalados e ligados de acordo com instruções dos fabricantes e condições estabelecidas na referida norma (item 6.5.4.5).

Os locais de instalação dos conjuntos devem ser de fácil acesso, não havendo objetos que impeçam a sua abertura. A verificação da compatibilidade entre o grau de proteção mínimo requerido dos conjuntos com as condições de influências externas do local de

instalação deve merecer a atenção tanto do projetista como do executante da obra. Outro ponto importante é a questão da temperatura e umidade e suas variações no local previsto para instalação dos conjuntos já que são parâmetros que interferem no desempenho dos componentes previstos nos mesmos. Os conjuntos devem ser providos de porta externa além de uma tampa interna que serve de barreira na proteção contra choques elétricos.

A identificação nos conjuntos deve ser realizada do lado externo de forma legível e não facilmente removível (item 6.5.4.8). Há também a exigência de que todos os componentes de um conjunto devam ser identificados e de tal forma que a correspondência entre componente e respectivo circuito possa ser prontamente reconhecida é prescrita na NBR 5410 (ABNT, 2004) no item 6.5.4.9. É imperativo que esta identificação seja legível, indelével, posicionada de forma a evitar qualquer risco de confusão, além de corresponder às indicações anotadas no projeto (esquemas e documentos).

Uma importante prescrição existente na NBR 5410 (ABNT, 2004) é quanto à questão dos espaços reservas a serem computados quando do dimensionamento dos quadros de distribuição, em função da quantidade de circuitos efetivamente disponível e que não pode ser desconsiderada pelo projetista (item 6.5.4.7). Além dos disjuntores, devem ser lembrados também os espaços para os DPS e dos dispositivos diferenciais residuais (DR), entre outros componentes passíveis de existirem como medidores e acessórios.

Mais informações sobre quadros de distribuição ou conjuntos de manobra e controle em geral podem ser obtidas em catálogos de fabricantes e prescrições nas normas NBR 5410 (ABNT, 2004), NBR IEC 60439-1 (ABNT, 2003) e NBR 60439-3 (ABNT, 2004).

4.4.4 Outros componentes

Além dos elementos constituintes da instalação elétrica já vistos anteriormente como condutores, condutos, dispositivos de proteção e conjuntos de manobra e controle (quadros de distribuição), existem outros que compõem este subsistema de uma edificação. São exemplos as caixas de derivação e de saída, luminárias, interruptores, tomadas, acessórios para condutores (conectores, terminais e fitas isolantes), entre outros. Pode-se ainda citar os diversos tipos de equipamentos com instalação fixa ou móvel que serão conectados a esta instalação e deverão atender também aos requisitos de desempenho e segurança.

Nesta concepção, a seleção de todos os componentes da instalação elétrica deve ser conforme as normas técnicas aplicáveis e os mesmos possuir características compatíveis com as condições elétricas, operacionais e ambientais a que forem submetidos (item 4.1.11 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). É permitido, no entanto, que se o componente selecionado não reunir todas essas características originalmente, medidas compensatórias devem ser providas com a suficiência de compatibilizá-las com as exigências da aplicação.

A aplicação de determinado material numa instalação, seja ele qual for, terá que estar plenamente de acordo com as recomendações do fabricante baseado nas normas técnicas que os norteiam. Não se pode, por exemplo, utilizar caixas de saída de embutir em instalações aparentes, pois o material não possui a proteção e resistência mecânica adequada para tal utilização. Outro exemplo muito comumente encontrado, usar tomadas e interruptores para área interna em áreas externas sujeitas a intempéries do tempo para o qual eles não possuem o grau de proteção adequado para tal utilização. Mais um exemplo com facilidade de encontrar, a utilização de luminárias abertas (lâmpada exposta) no ambiente de cozinha. Enfim, são inúmeros os casos de aplicação incorreta que são encontrados e que um projetista não pode estar desatento na especificação.

A atenção do projetista às características gerais como as influências externas às quais a instalação estará submetida, os riscos de incompatibilidade e interferências que um determinado componente pode provocar efeitos não desejáveis sobre outros ou na instalação como um todo e os requisitos de manutenção apropriados são fatores importantes na escolha dos componentes (NBR 5410 (ABNT, 2004)).

Numa maneira geral, a especificação e o dimensionamento corretos de materiais, dispositivos e equipamentos constituem condições determinantes no desempenho de uma instalação elétrica. Materiais e equipamentos com especificação inadequada podem incorrer em sérios riscos à instalação, podendo comprometê-la sob o ponto de vista da confiabilidade, além de possíveis prejuízos financeiros devido a paralisações em locais de trabalho (MAMEDE FILHO, 2010).

4.5 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

O suprimento de energia elétrica para uma instalação ou parte dela num determinado empreendimento pode provir de diversas fontes conforme as escolhas e necessidades quanto à

finalidade de uso. A NBR 5410 (ABNT, 2004) define estas fontes em três tipos de acordo com o seu item 3.5:

- a) Alimentação ou fonte normal: É aquela “responsável pelo fornecimento regular de energia elétrica”.
- b) Alimentação ou fonte de reserva: É aquela que “substitui ou complementa a fonte normal”.
- c) Alimentação ou fonte de segurança: É aquela “destinada a assegurar o fornecimento de energia elétrica a equipamentos essenciais para os serviços de segurança”.

Desta maneira, é desejável o tratamento das particularidades de cada uma destas formas de alimentação para que não haja confusão e desatenção tanto do projetista como dos empreendedores quanto ao atendimento satisfatório que é peculiar numa edificação de acordo com a sua dimensão e finalidade de uso e as imposições legais requeridas pelos diversos órgãos públicos da localidade, bem como dos riscos envolvidos na falha de fornecimento de energia elétrica.

4.5.1 Alimentação normal

Na grande maioria dos casos, o fornecimento regular de energia elétrica para uma dada edificação é feito através da rede pública de energia elétrica que é administrada por uma concessionária que detém a permissão federal de exploração deste serviço naquela área sob supervisão da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). No entanto, nos últimos anos, o estímulo do governo federal à geração própria como alternativa aos altos investimentos necessários para suprir o aumento de consumo de energia elétrica no país vem ocorrendo e diversos interessados têm partido para investimentos nesta área, face aos custos elevados da energia elétrica nos seus negócios.

Concentrando-se, entretanto, na primeira opção, é regulamentado através da resolução normativa nº 414/2010 da ANEEL, como já dito na seção 3.3.2, alínea b, desta dissertação, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica e, baseado nesta, em particular, as normas da concessionária local para definir a forma de atendimento a uma solicitação de fornecimento de energia elétrica por um dado empreendimento. Uma primeira

distinção que se faz é quanto à questão do número de unidades consumidoras na edificação, ou seja, ela é uma edificação com uma única unidade consumidora ou uma edificação de uso coletivo (duas ou mais unidades consumidoras.).

Caso a edificação se caracterize por uma única unidade consumidora, a segunda distinção que se faz é quanto ao nível de tensão que será feito o fornecimento de energia elétrica com base na carga instalada existente na referida unidade. A princípio, se a carga instalada for até 75 kW, a unidade será atendida em tensão secundária de distribuição, isto é, através da rede de baixa tensão que normalmente é 127/220 V ou 220/380 V ou 115/230 V ou algo em torno disto conforme a disponibilidade do local. Se a carga instalada for superior a 75 kW, o atendimento tende a ser em tensão primária de distribuição, isto é, em valores de média tensão iguais ou superiores a 2,3 kV. Conquanto, nesse caso, se a demanda a contratar for até 2500 kW a tensão de fornecimento deverá ser inferior a 69 kV e, ao contrário, ela deverá ser igual ou superior a 69 kV. É uma regra geral definida no artigo 12 da resolução normativa nº 414/2010 da ANEEL que dependerá da disponibilidade da concessionária e, por isso, poderá sofrer variações conforme previsto no artigo 13 da mesma resolução.

Na situação da edificação ser para uso coletivo, ou seja, com mais de uma unidade consumidora, tal como edifícios habitacionais, edifícios comerciais, entre outros, há que consultar a norma de fornecimento da concessionária local e verificar as exigências nela estabelecida.

Seja, portanto, qual for a situação da edificação o conhecimento prévio das normas de fornecimento de energia elétrica da concessionária se faz necessário. Dentre as preocupações, é indispensável tomar ciência das documentações requeridas pela concessionária e, entre elas, verificar em quais situações é requerido apresentar um projeto para análise com base na sua norma de fornecimento de energia elétrica, contemplando toda a entrada de energia na edificação desde o ponto de entrega até após o centro ou quadro de medidores com o dimensionamento de todos os elementos constituintes e, se for o caso, a identificação de todas as unidades consumidoras. Inclui-se aí, consoante à forma de atendimento, a previsão ou não de uma subestação de energia elétrica imputável ao empreendedor. Pode ocorrer também custo ao proprietário quando houver a necessidade de reforma ou ampliação na rede de distribuição de energia elétrica para atendimento ao seu empreendimento em concordância com os artigos 42, 43 e 44 da resolução normativa nº 414/2010 da ANEEL.

4.5.2 Alimentação de reserva

Como o próprio nome já cita, a alimentação de reserva é própria para suprir o fornecimento de energia elétrica quando há algum corte eventual da alimentação normal. Ela pode ser entendida como opcional, não estando ligada, a priori, à segurança de pessoas (COTRIM, 2009). Adota-se normalmente para partes da instalação elétrica que são julgadas, por exemplo, “indispensáveis ao funcionamento de determinadas máquinas, cuja paralisação produzirá elevadas perdas de material em processo de fabricação” (MAMEDE FILHO, 2010, p. 449). Outra aplicação pode ser feita quando há situações de desconforto na interrupção da alimentação normal em determinadas atividades como a suspensão de aulas em estabelecimentos educacionais, atividades de serviço em áreas comerciais e industriais, dentre outras.

Devido ao fato de envolver investimento com custo elevado, os grupos geradores são dimensionados normalmente para atender circuitos previamente selecionados e imprescindíveis para a continuidade das atividades relevantes ao negócio. Uma questão também importante é a rotina de manutenção preventiva de todo subsistema do grupo gerador recomendada a fim de que haja confiabilidade quando da necessidade de utilização do mesmo.

Duas importantes prescrições devem ser seguidas na instalação de grupo gerador segundo Mamede Filho (2010, p. 449):

- Os condutores de saída dos terminais do gerador devem ter capacidade de condução de corrente não inferior a 115% da corrente nominal. O condutor neutro deve ter a mesma seção transversal que os condutores fase;
- As carcaças dos geradores devem permanecer continuamente aterradas.

Na interrupção da alimentação normal, o acionamento do gerador pode ser manual ou automático e ter o cuidado de satisfazer as exigências da concessionária quanto a não possibilidade de injeção de potência na rede da mesma e evitar o funcionamento das duas fontes em paralelo (prever, no mínimo, uma chave de intertravamento eletromecânico).

4.5.3 Alimentação de segurança

A conceituação de fonte de segurança está associada à função, ou seja, aos serviços essenciais desempenhados pelos equipamentos que a fonte alimenta. Os serviços de segurança numa edificação visam a segurança das pessoas e ou evitar danos ao ambiente ou aos bens. São exemplos desses serviços essenciais: a iluminação de segurança ou iluminação de emergência, bombas de incêndio, elevadores para brigada de incêndio e bombeiros, sistema de alarme (incêndio, fumaça, monóxido de carbono e intrusão), sistemas de exaustão de fumaça e equipamentos médicos essenciais (item 3.5 da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

Como observado por Cotrim (2009, p. 436): “As instalações de segurança também devem observar, no que for pertinente, a legislação referente a edificações, os códigos de segurança contra incêndio e pânico e outros códigos de segurança aos quais a edificação e/ou as atividades nela desenvolvidas possam estar sujeitas.”

O princípio fundamental dos serviços de segurança é que “equipamentos destinados a funcionar em situações de emergência, como incêndios, devem ter seu funcionamento assegurado a tempo e pelo tempo julgado necessário” (item 4.1.6 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). Além disso, como característica dos serviços de segurança, quando imposta a necessidade dos mesmos, “as fontes de alimentação para tais serviços devem possuir capacidade, confiabilidade e disponibilidade adequadas ao funcionamento especificado” (item 4.2.4 da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

A NBR 5410 (ABNT, 2004) prevê que podem ser utilizadas como fontes de segurança as baterias de acumuladores (sistema de energia ininterrupta), os geradores independentes da fonte normal e a alimentação derivada da rede pública de distribuição com independência da fonte normal. Além destes, Cotrim (2009) e Creder (2007) citam os sistemas especiais ou *no-breaks*. Assim, as escolhas das fontes de segurança devem ser em função do serviço a que se destinam e das características dos equipamentos de utilização a serem alimentados já que deverão manter por todo o tempo de interrupção da fonte normal até o restabelecimento desta (Cotrim, 2009). Uma combinação entre dois sistemas de segurança pode ser requerida para maior confiabilidade e por questões de viabilidade de custos envolvidos. Deste modo, tem-se:

a) Baterias: São utilizadas na alimentação de equipamentos de pequena potência e tempos

relativamente curtos. Pode ser encontrada sua aplicação, por exemplo, em sistemas de iluminação de segurança (MORENO *et al.*; 2011).

- b) Geradores independentes da alimentação normal: São indicados na alimentação de segurança de maior potência, por tempos relativamente de longa duração. Por exemplo, circuitos destinados a bombas de incêndio, elevadores de brigada de incêndio e bombeiros, sistemas de exaustão de fumaça e equipamentos médicos essenciais (MORENO *et al.*, 2011).
- c) Alimentação derivada da rede pública de distribuição com independência da fonte normal: As entradas dos ramais devem ser separadas e suas alimentações devem originar de transformadores separados ou mesmo de subestações diferentes (COTRIM, 2009).
- d) Sistemas de energia ininterrupta: São sistemas para situações mais críticas e são conhecidos como *no-breaks* ou UPS (*Uninterruptible Power Supply*). Eles podem ser bastante complexos e são utilizados, por exemplo, em áreas de UTI e centros cirúrgicos de hospitais, controle de voos em aeroportos, centro de processamento de dados, dentre outros (COTRIM, 2009).

Quanto às questões de instalação, a NBR 5410 (ABNT, 2004) prescreve que as fontes de segurança devem ser acessíveis apenas às pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5) conforme tabela 18 da mesma (item 6.6.6.3), bem como a garantia de ventilação e exaustão adequadas de modo a impedir que eventuais gases ou fumaça delas emanados venham a penetrar áreas ocupadas por pessoas (item 6.6.6.4). Acrescenta-se ainda que as fontes de segurança não possam ser afetadas por falha da fonte normal (item 6.6.6.2).

As fontes de segurança podem também ser com acionamento não automático (depende da ação de um operador) ou automático conforma a circunstância. “Preferencialmente, as instalações de segurança devem ser alimentadas automaticamente” (COTRIM, 2009, p. 437). Em acordo com o item 6.6.2.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004), uma alimentação automática pode ser classificada em função do tempo de comutação:

- a) Sem interrupção: alimentação automática capaz de assegurar suprimento contínuo de energia;
- b) Com interrupção muito breve: alimentação automática disponível em até 0,15 s;

- c) Com interrupção breve: alimentação disponível em até 0,5 s;
- d) Com interrupção média: alimentação automática disponível em até 15 s;
- e) Com interrupção longa: alimentação automática disponível em mais de 15 s.

Em especial, para os serviços de segurança destinados a funcionar em condições de incêndio deve ser escolhida uma fonte de segurança que possa manter a alimentação pelo tempo adequado e todos os componentes devem apresentar adequada resistência ao fogo, seja construtivamente, seja por meio de disposições equivalentes quando de sua instalação (item 6.6.3 da NBR 5410 (ABNT, 2004)).

É importante notar que as linhas elétricas contendo circuitos de serviços de segurança não devem atravessar, em nenhuma hipótese, locais com riscos de explosão (BE3 – tabela 22 da referida norma) e não atravessar locais com riscos de incêndio (BE2 – tabela 22), a menos que elas sejam resistentes ao fogo (item 6.6.7.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004)). Uma recomendação apropriada feita por Moreno *et al* (2011, p.59) é que “os cabos para circuitos de segurança devem atender a norma NBR 10301” embora a norma não exija esta condição.

Por fim, mais informações podem ser obtidas na própria NBR 5410 (ABNT, 2004) e também nas obras de Cotrim (2009), Creder (2007) e Moreno *et al* (2011), assim como em catálogos de fabricantes.

5 DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Como dito anteriormente, a NBR 5410 (ABNT, 2004) determina que é necessário a elaboração de um projeto específico para que se possa executar as instalações elétricas, devendo-se ressaltar que este deve estar em perfeita harmonia com os outros projetos que também são necessários para a execução de uma obra, quais sejam, os projetos de arquitetura, estrutura, hidrossanitário e demais subsistemas presentes (COTRIM, 2009).

Deve ser observado que o Projeto de Instalações Elétricas consiste na previsão, por escrito, da instalação, contendo todos os seus detalhes, a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, os comandos, o trajeto dos condutores, a divisão em circuitos, a seção dos condutores, os dispositivos de manobra, a carga de cada circuito e carga total, a localização dos quadros de distribuição e da medição de energia elétrica da unidade.

Portanto, a elaboração deste projeto visa garantir a transferência de energia elétrica de uma fonte às cargas instaladas na unidade de maneira segura e eficiente.

Para tanto, a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que tal projeto deverá conter, no mínimo, os seguintes documentos: plantas; esquemas unifilares e trifilares, quando aplicáveis; detalhes de montagem, quando necessários; memorial descritivo da instalação; especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender) e parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, etc.).

É evidente que algumas variações poderão ocorrer na forma de apresentação destes documentos, mas não a omissão dos mesmos.

5.1 DESENHOS – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Também conhecido como "planta" (MORENO; COSTI; BARRETO, 2008, p. 212), o desenho é uma representação gráfica do que será instalado, compreendendo este documento de basicamente:

- a) Desenho dos pontos de utilização;
- b) Localização dos quadros terminais comumente chamados de distribuição de luz (QL's) e quadros de força (QF's);

- 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 dos pavimentos e prumadas;
- g) Localização dos quadros geral e intermediários de baixa tensão, centros de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega;
- h) Desenho das tubulações dos circuitos alimentadores;
- i) Traçado da fiação dos circuitos alimentadores; e
- j) Indicação das fontes de energia elétrica e seu posicionamento.

Acrescenta-se ainda na lista os quadros de cargas e diagramas unifilares de cada quadro de distribuição, seja ele terminal, intermediário ou geral.

Sendo assim, Barreto (2000, p. 162) explica como devem ser realizadas estas informações em plantas:

As informações em planta devem ser tais que permitam o perfeito entendimento da localização dos pontos de utilização, dos dispositivos de comando e/ou manobra (no caso de iluminação, por exemplo), do traçado das linhas elétricas (conduto e condutores), da posição dos quadros de distribuição e caixas de derivação e/ou passagem, etc.

Deve-se evitar a poluição de informações, desenhando-se apenas aquilo que seja importante para a execução da instalação (facilitando a identificação visual dos elementos para o instalador), transferindo-se informações complementares para outros documentos do projeto (detalhes, memorial descritivo ...).

Importante ressaltar que, conforme o caso, poderá haver necessidade de apresentar um projeto da entrada de energia para análise da concessionária de energia elétrica local, consoante com a norma de fornecimento de energia elétrica da mesma como já citado na seção 4.5.1 (alimentação normal).

5.2 MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS COMPONENTES

De acordo com Barreto (2000, p. 168), o memorial descritivo e a especificação técnica podem ser apresentados como sendo:

[...] os documentos que mais têm sido negligenciados. Pouco a pouco, eles vêm simplesmente desaparecendo. Alguns profissionais ou empresas até

entregam, junto com os desenhos, algumas folhas escritas batizadas de "memorial descritivo", mas que na verdade estão muito longe disso. O mesmo ocorre com a especificação técnica dos componentes da instalação elétrica, que no mais das vezes não é coerente e completa, como deveria ser.

Diante das questões levantadas pelo autor, pode-se perceber que nem sempre os documentos de memorial descritivo e especificação de componentes recebem a devida e merecida atenção e cuidado em sua elaboração, o que definitivamente é um erro, visto que eles têm uma importância significativa dentro da execução do projeto, não só por questões técnicas, mas também jurídicas.

5.2.1 Memorial descritivo

O memorial descritivo é um documento tão importante quanto os desenhos, devendo ser utilizado a fim de registrar todas as informações adicionais que não constam no desenho, mas que são de grande relevância no projeto, tais como "conceituação, premissas fixadas, decisões tomadas, parâmetros técnicos, características peculiares do projeto, informações relevantes ao executante e ao usuário, orientações para a contratação da execução, orientações para a própria execução, aspectos sobre manutenção, etc." (MORENO; COSTI; BARRETO, 2008, p. 212).

Este documento tem como objetivo realizar uma descrição minuciosa, justificando, se houver necessidade, as soluções adotadas, sendo composto, em regra, das seguintes informações:

- a) Dados básicos de identificação do projeto;
- b) Dados quantitativos do projeto; e
- c) Descrição geral do projeto.

Destaca-se que no momento em que o memorial descritivo for elaborado, importante se faz "deixar claras todas as premissas, soluções, critérios, orientações e determinações adotadas no correspondente projeto, de forma concisa e adotando a terminologia técnica oficial" (BARRETO, 2000, p. 168).

5.2.2 Especificação técnica dos componentes

A especificação técnica dos componentes tem como objetivo detalhar os tipos de materiais que serão utilizados e, em alguns casos, a relação dos serviços a serem executados juntamente com a menção das normas técnicas a serem obedecidas, devendo, portanto, ser muito bem constituída.

Considera-se como uma boa especificação técnica de material aquela que passa pela citação das normas que ele deve atender quanto ao desempenho, requisitos e especificação.

Acrescenta-se que as especificações técnicas de materiais devem conter as características e propriedades significativas dos mesmos, identificando-os completamente, não deixando dúvidas para a sua compra e aplicação na obra. Além disso, alguma limitação porventura existente para o funcionamento adequado deve ser observada e alertada para a maneira de instalação de determinado material. Desta forma, neste documento, a atenção às informações objetivas de cada material e que interessam para a construção ou montagem devem estar presentes, assim como as especificidades necessárias para a utilização dos mesmos. Todas as informações desta documentação deve ser entendida também como um complemento ou detalhamento daquelas existentes no projeto e lista de material e, por isso, deve estar sempre disponível para consulta.

5.3 LISTA DE MATERIAL COM QUANTITATIVOS E PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

Este documento refere-se a uma listagem de todos os materiais que serão utilizados na execução da obra, contendo inclusive a especificação mínima necessária para a identificação correta de cada item e da quantidade a ser utilizada.

Contudo, muitas vezes é requisitado pelo cliente que, além da listagem de todos os materiais e serviços com quantitativos, sejam adicionados os preços unitários e totais de cada item e a soma geral dos mesmos. Esta é uma condição imposta quando o cliente é um órgão público ou haja previsão em contrato, quando se necessita de preços para inferir o custo total da obra ou serviço a fim de se obter os recursos e realizar o processo de licitação para a execução da obra ou serviço conforme o projeto e demais documentos, constituindo-se assim um orçamento que fará parte do processo, ou seja, balizamento de custos para a obra ou serviço.

Na composição dos custos da obra, devem estar incluídas todas as partes constituintes do mesmo. Assim, numa forma geral, devem estar presentes além dos custos de materiais, mão de obra, equipamentos e insumos inerentes ao empreendimento, entendidos como custos diretos, aqueles tidos como custos indiretos. Estes são compostos dos tributos incidentes sobre o empreendimento mais os custos relacionados à obra na administração central, riscos em relação às incertezas do mercado e recursos tomados externamente à empresa. Na prática, os custos indiretos somados ao lucro previsto constituem o conhecido *Budget Difference Income* (BDI), ou seja, benefícios e despesas indiretas que aparecem normalmente como um percentual em relação ao custo direto. Portanto, os custos totais requerem atenção especial para que haja uma previsão financeira correta de tudo aquilo que envolve a obra.

Destaca-se ainda que uma das dificuldades desta etapa consista na importância da precisão dos quantitativos informados, bem como da necessidade de se gerar informações completas a fim de que, na fase de execução da obra, não ocorra falta de materiais ou serviços, já que tal fato acarretaria uma possível paralisação e a exigência de um replanejamento, o que certamente resultaria em alterações no contrato.

5.4 MEMÓRIA DE CÁLCULOS

Através da memória de cálculo deve-se demonstrar toda a metodologia de projeto adotada, ou seja, modelos matemáticos e parâmetros, e também a técnica adotada pelo projetista para o dimensionamento realizado e soluções tomadas, tratando-se assim de uma documentação que irá comprovar os procedimentos seguidos, bem como facilitará a compreensão e a realização de revisões que se façam necessárias.

Normalmente, as memórias de cálculo podem ou não ser fornecidas com o projeto, pois trata-se de um item específico e que deve ser previsto no contrato quando requerido pelo cliente.

Nesse documento são apresentados o resumo dos principais parâmetros, cálculos e dimensionamentos, tais como:

- a) Cálculos das previsões de cargas;
- b) Parâmetros de influências externas;
- c) Esquema de aterramento adotado;

- d) Correntes de projeto, correntes de curto-circuito, queda de tensão;
- e) Determinação da provável demanda;
- f) Dimensionamento de condutores;
- g) Dimensionamento de condutos; e
- h) Dimensionamento dos dispositivos de proteção.

5.5 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA E ATESTADO DE REALIZAÇÃO DO SERVIÇO

A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) foi instituída pela Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977, a qual estabelece que todos os contratos referentes à execução de serviços ou obras de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia ou Meteorologia deverão ser objeto de anotação no CREA.

De acordo com a Resolução nº 1.025/2009, a ART se trata de um instrumento que define, legalmente, quem são os responsáveis técnicos pela execução de obras ou prestação de serviços realizados pelos profissionais que compõem o Sistema CONFEA/CREA. Portanto, todo e qualquer contrato para estes fins, seja ele verbal ou escrito, com pessoa de direito público ou privado, em que figure tais profissionais, sujeitar-se-á ao registro da ART no CREA onde for realizada a atividade.

Sendo assim, pode-se dizer que a ART tem como função defender a sociedade, valorizar o profissional e comprovar a capacidade técnico-profissional em licitações juntamente com o atestado de realização do serviço emitido pelo contratante após a conclusão do mesmo.

Importante se faz mencionar que diante do advento da Lei nº 12.378/2010, os arquitetos e urbanistas passaram a ser fiscalizados pelo CAU/BR, motivo pelo qual não podem mais assinar ART, pois não pertencem mais ao CREA, atualmente, todo trabalho realizado por este profissional será emitido o documento Registro de Responsabilidade Técnica - RRT.

Destaca-se que, o conceito de ART ou RRT são exatamente os mesmos, o que os diferencia são os órgãos fiscalizadores e o profissional que os emite, sendo assim:

RRT: arquitetos e urbanistas, filiados ao CAU;

ART: profissionais da área de engenharia (engenheiros, tecnólogos e técnicos de nível médio), filiados ao CREA.

Portanto, é necessário que o profissional, ao elaborar o projeto de instalações elétricas ou qualquer outro serviço na área, realize a emissão da ART ou RRT, conforme a competência do profissional. Além da obrigatoriedade de tais documentos por legislação, ele implica na caracterização do responsável técnico pelos serviços ali registrados, o endereço que compreende tal serviço, a identificação do contratante e do proprietário, não deixando dúvidas daquilo que foi contratado e a delimitação das responsabilidades do profissional, assim como o valor destes serviços contratados.

6 REVISÃO FINAL DO PROJETO, ENTREGA AO CLIENTE E ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DA OBRA

Pode ser verificado no decorrer deste estudo que muitos são os detalhes a serem observados para que se chegue à finalização da elaboração de um projeto de instalação elétrica bem elaborado e satisfatório.

A partir deste momento, inicia-se a fase de finalização do projeto a fim de que este seja entregue ao cliente para que possa dar andamento ao planejamento geral da obra com a montagem de cronograma físico-financeiro, o refinamento das informações de projeto como a checagem final de compatibilizações, a verificação de existência de alguma pendência, a avaliação dos recursos para execução da obra, entre outros assuntos, até o efetivo início da mesma. Sendo assim, serão apresentadas informações relevantes quanto à parte que cabe ao projetista nesta etapa, fechando-se assim o ciclo deste estudo.

6.1 REVISÃO FINAL DO PROJETO

Nota-se que no capítulo anterior discorreu-se sobre a finalização do projeto de instalações elétricas, o qual compreende a apresentação de todos os documentos relacionados, quais sejam: desenhos (plantas baixas, cortes, diagramas, etc.); memorial descritivo da instalação; especificação técnica dos componentes; lista de material com quantitativos; planilha orçamentária; memória de cálculos; e, anotação de responsabilidade técnica (ART ou RRT, conforme o caso).

Esses documentos formam o conjunto de elementos necessários, suficientes e precisos para a caracterização da instalação elétrica a ser realizada, baseando-se para isso nas indicações dos estudos técnicos preliminares a fim de possibilitar a avaliação do custo da obra, bem como a estratégia a ser seguida para a continuação do empreendimento (captação de recursos, cronograma físico-financeiro da obra, execução da obra e estratégias de negociação do empreendimento).

Após concluída a elaboração do projeto, o projetista deverá realizar uma revisão final do mesmo antes de entregá-lo ao cliente, sendo que tal refinamento visa verificar se todas as solicitações do cliente foram atendidas, se todos as partes componentes da documentação do projeto estão consistentes e completas e se há documentação ou alguma informação pendente. Vale ressaltar a importância do projetista, se possível, designar um profissional independente,

que não tenha participado da elaboração do projeto, para expor uma visão crítica sobre o projeto que foi feito, ou seja, se não há informações desencontradas ou dúbias, se as informações nos diversos documentos estão consistentes e suficientes, dentre outros pontos.

Entretanto, é sabido que há uma grande resistência por parte dos projetistas em submeter a outro profissional a análise e avaliação de seu projeto, pois encaram esta avaliação como uma intromissão, não enxergando assim os seus benefícios, motivo pelo qual, este estigma deve cessar. Deve-se notar que essa segunda revisão não irá interferir nas soluções pré-estabelecidas, porém, poderá apontar outras possíveis alternativas pontuais ou considerações para o projeto, bem como trará mais qualidade e segurança ao serviço prestado com a visão crítica deste profissional.

Contudo, é preciso certificar-se de que este profissional seja pleno conhecedor das normas técnicas, possua experiência profissional no ramo, esteja atualizado com as tecnologias adotadas e tenha consciência do trabalho que está realizando. Em suma, ser crítico e o mais imparcial possível, não denegrindo o projeto em análise, mas apontando alguma falha não detectada, discutindo alternativas e ter conhecimento da finalidade do empreendimento.

.

6.2 ENTREGA AO CLIENTE

Após a realização da revisão final do projeto, o projetista deverá realizar a entrega das documentações e do projeto ao cliente, sendo que esta documentação deverá possuir subsídios para o perfeito orçamento e planejamento da obra, visto que estará atendendo a todas as normas técnicas e as informações contidas serem suficientes para que a execução correta da instalação elétrica seja realizada.

Para formalizar esta entrega, o ideal é que se realize uma reunião presencial com o contratante e o coordenador de projetos, se houver, além das demais pessoas ligadas diretamente ao empreendimento, se já definidos, como, por exemplo, o gerente da construtora, o responsável técnico da obra e da parte de instalações elétricas, com o objetivo de:

- Apresentar o projeto final e as documentações a ele pertinentes;
- Explicar o objetivo de cada um daqueles documentos, os conceitos técnicos e premissas adotadas;

- Mostrar que todas as solicitações requeridas inicialmente pelo cliente foram atendidas, apontando onde elas se encontram no produto a ser entregue;
- Esclarecer sobre a organização e forma de utilização dos documentos do projeto;
- Dirimir eventuais dúvidas dos participantes; e
- Se colocar à disposição para esclarecimentos de alguma dúvida que porventura surja posteriormente.

Após a explanação e finalizada a reunião, o projetista poderá apresentar uma ata da mesma em que estarão registrados todos os procedimentos realizados na reunião, inclusive a entrega do projeto e suas documentações. Deverá ser feito um documento de recibo, em duas vias, uma para o projetista e uma para o contratante, onde serão elencados quais os documentos que estão sendo entregues, devendo este recibo ser assinado pelo cliente.

Vale ressaltar que caso esteja previsto no contrato que o empreendedor designou ou contratou um gerenciador de projetos, supõe-se que haverá a realização de uma revisão de toda a documentação por este, quando o projetista deverá se colocar à disposição para qualquer esclarecimento que se fizer necessário, inclusive para realizar alterações em seu projeto em virtude de erro ou omissão detectada pelo empreendedor sem custo para este.

Porém, caso seja verificado que o problema apontado foi originado por uma falha de comunicação ao projetista, gerando assim uma omissão ou excesso de informação sem responsabilidade do mesmo, a alteração do projeto deverá ser remunerada.

6.3 ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DA OBRA

De acordo com Pereira (2013, p. 290), o projeto de uma edificação pode ser elaborado por uma pessoa e executado por outra, no entanto, duas vertentes poderão ocorrer, quais sejam: "ou o projetista dirige e fiscaliza a obra ou fica limitado ao projeto, sem qualquer participação na execução". Na primeira vertente, o projetista irá responder pelos danos causados ao cliente, tanto por vício ou defeitos do projeto quanto por omissões na fiscalização

da execução da obra, já na segunda vertente, o projetista não terá qualquer responsabilidade no que vier a ocorrer na execução da obra e que não estava previsto no projeto.

Vale observar que há algumas peculiaridades quando se trata de projeto de obras públicas, visto que nesta há existência de um projeto básico inicial e, posteriormente, o projeto executivo, o qual trará de forma pormenorizada e detalhadamente todos os procedimentos para a perfeita execução da obra. Além disso, a função de fiscalizador é exclusiva da administração pública, podendo a mesma contratar um terceiro, como o projetista por exemplo, para assistir e subsidiar tal atribuição, conforme determina a Lei nº 8.666/93, em seu artigo 67, ao dispor que:

Art. 67. A execução do contrato deverá ser acompanhada e fiscalizada por um representante da Administração especialmente designado, permitida a contratação de terceiros para assisti-lo e subsidiá-lo de informações pertinentes a essa atribuição.

§ 1º O representante da Administração anotará em registro próprio todas as ocorrências relacionadas com a execução do contrato, determinando o que for necessário à regularização das faltas ou defeitos observados.

§ 2º As decisões e providências que ultrapassarem a competência do representante deverão ser solicitadas a seus superiores em tempo hábil para a adoção das medidas convenientes.

Sendo assim, Moreira e Guimarães (2015, p.178-179) afirmam que:

[...] (o projeto básico) pode não ser um retrato perfeito da obra e conter erros materiais até omissões técnicas (as quais não serão suportadas pelo contratado - afinal, trata-se de erros e falhas imputáveis diretamente à administração, não de risco contratual)... os erros e falhas serão imputáveis à administração que elaborou e publicou o documento (ornamentado por sua presunção de legitimidade).

Diante disso, resta claro que o papel do projetista na fiscalização da execução da obra pública será apenas de auxílio à administração pública, visto que qualquer decisão a ser tomada deverá passar primeiro pelo crivo da mesma.

No que diz respeito à finalização da execução da obra, a NBR 5410 (ABNT, 2004), em seu item 7.1.1, determina a realização de inspeção visual e ensaio nas obras:

Qualquer instalação ou reforma (extensão ou alteração) de instalação existente deve ser inspecionada visualmente e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser posta em serviço pelo usuário, de forma a se verificar a conformidade com as prescrições dessa norma.

Tais inspeções têm como objetivo proporcionar a energização e utilização da instalação elétrica pelo usuário com segurança. A NBR 5410 (ABNT, 2004), em seu artigo

6.1.8.2, estabelece então que na conclusão da instalação, estes documentos técnicos deverão ser revisados e atualizados de modo a atender fielmente ao que foi executado.

Entretanto, se a execução da obra, seja pública ou privada, for realizada seguindo os procedimentos e instruções contidos no projeto, evitará a ocorrência de erros ou enganos e, conseqüentemente, gastos desnecessários, visto que o projeto passou por todos os passos necessários, inclusive de revisões coerentes e dentro da técnica.

Diante disso, há outro ponto a ser abordado no que se refere ao acompanhamento na execução da obra, qual seja, a grande possibilidade proporcionada ao projetista de ganho financeiro e de crescimento profissional, como poderemos constatar a seguir.

Após a entrega do projeto final, ou mesmo no ato da contratação do projeto, o projetista poderá ser contratado para participar de visitas e acompanhar a obra, periodicamente ou sempre que for solicitado, para dirimir uma indagação ou dúvida sobre algo presente no projeto e que não foi compreendido. Esta atividade gerará um ganho financeiro para o mesmo, bem como possibilitará que seja verificado de perto se as soluções apresentadas no projeto foram ideais, se podem melhorar ou se terão que ser revistas, o que, por outro lado, contribuirá para um maior crescimento profissional do projetista e também para coleta de informações para melhoria do desenvolvimento de futuros projetos.

Este acompanhamento da execução da obra poderá ser programado com antecedência pelo projetista, em conjunto com a construtora, tomando por base alguns eventos pré-determinados, tais como o início da montagem dos sistemas elétricos, quando houver dúvidas durante o andamento da execução e por ocasião da conclusão da obra.

Após a execução da obra há uma nova possibilidade de ganho financeiro para o projetista, qual seja, a elaboração do documento *as built* ou 'como construído', o qual retrata fielmente como a instalação elétrica em questão foi realmente realizada na obra, ou seja, um retrato de como a instalação elétrica está sendo entregue ao cliente final para uso da edificação. Além disso, o projeto *as built* é um documento necessário para a realização da verificação final da instalação que prevê a realização de ensaios no item 7 da NBR 5410 (ABNT, 2004) antes que ela entre em operação. Ele ao final é um dos documentos a ser entregue ao empreendedor (proprietário) para facilitar manutenções futuras, orientação para utilização dos pontos de energia elétrica ou qualquer outra consulta sobre as instalações elétricas.

Destaca-se que o contratante e o projetista deverão definir, de comum acordo e antes do início dos serviços, quais serão os objetivos, as tarefas e regimes de trabalho a serem cumpridos, bem como os produtos a serem gerados e sua forma de apresentação, contudo, há que se deixar claro para o contratante que a preparação de desenhos *as built* não inclui a verificação técnica de soluções ou dimensionamentos alternativos que possam ter sido adotados sem autorização do projetista.

Uma outra sugestão de ganho financeiro para o projetista consiste na elaboração do manual do usuário ou, até mesmo, da revisão de um manual básico de usuário pré existente, para que este seja adequado àquele empreendimento específico. Este manual, conforme estabelece o item 6.1.8.3 da NBR 5410 (ABNT, 20004), refere-se aos sistemas elétricos das suas áreas privativas, onde conterà informações e orientações necessárias para a melhor utilização e preservação dos sistemas elétricos pelo proprietário, inclusive com a descrição das características de cada equipamento previsto no projeto e documentação técnica; a forma e cuidados na operação; orientação e programa de manutenção preventiva, bem como as garantias de funcionamento adequado das instalações. Deve-se observar que através do código de defesa do consumidor (lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990), artigo nº 50, o manual do usuário torna-se obrigatório. Acrescenta-se que este documento deve estar baseado também nos preceitos da NBR 14037 (ABNT, 2014) quanto à formatação do documento e considerando recomendações relevantes sobre a manutenção presentes na NBR 5674 (ABNT, 2012).

Por fim, o projetista também poderá ser contratado para elaborar um manual técnico de operação e manutenção dos sistemas elétricos, de forma otimizada, para que seja utilizado pelo responsável pelo gerenciamento e operação do empreendimento. Este manual deverá conter as informações e orientações necessárias para a melhor utilização e preservação dos sistemas elétricos, bem como a descrição das características de cada equipamento e sistema, inclusive documentação técnica; forma e cuidados da operação; orientação e programa de manutenção preventiva, inclusive testes e ensaios; relação de fornecedores; garantias; dentre outros. Este manual também deverá observar os preceitos estabelecidos na NBR 14037 (ABNT, 2014) e as recomendações aplicáveis da NBR 5674 (ABNT, 2012). Esta atividade representa também uma nova forma de ganho financeiro.

Diante do todo exposto, pode-se verificar que após a finalização do projeto há a possibilidade do projetista manter-se ligado à sua criação até a finalização da obra, o que

poderá acarretar além de um ganho financeiro, um enriquecimento de informações que poderá contribuir de forma efetiva em seu crescimento profissional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação foi desenvolvido um estudo visando apontar uma forma correta e adequada para que se possa desenvolver um projeto de instalações elétricas de baixa tensão para edificações, conforme as normas técnicas e regulamentações, tendo como norma principal a NBR 5410 (ABNT, 2004), de forma a satisfazer as necessidades do empreendedor. Neste capítulo será apresentado uma síntese do que foi observado ao longo desta pesquisa, concluindo com uma análise acerca da norma supra citada.

Inicialmente, tratou-se acerca das expectativas na venda do serviço de elaboração do projeto de IE de uma edificação, onde foi possível observar que a busca pela prestação de serviço para elaboração de um projeto está representado por um público variado, sendo que tais obras variam de um pequeno empreendimento, como a construção de uma residência, até uma obra complexa que possui diversas peculiaridades.

No entanto, em ambos os casos o projetista necessita avaliar o seu grau de capacidade e interesse de atuação antes de propor a oferta de seus serviços, visto que se trata de um trabalho de grande relevância e que deve primar pelo oferecimento de qualidade, precisão e segurança ao cliente, motivo pelo qual, algumas considerações devem ser ponderadas:

- Considerar, ao elaborar o projeto de instalações elétricas, os outros projetos da edificação, para que não cometa erros achando que possíveis interferências poderão ser solucionadas na construção;
- Atender à solicitação do cliente quanto à exequibilidade do empreendimento; nunca transgredir a técnica e normas vigentes com o intuito de apresentar uma possível solução de diminuição de custos na obra que poderá acarretar de perda de credibilidade a consequências jurídicas em virtude da não conformidade com as normas;
- Buscar sempre cumprir os prazos de entrega do projeto definido em contrato, permanecendo sempre atento para melhorar o tempo de elaboração do serviço (projeto), o que resultará na priorização de melhorias e correção de falhas existentes o quanto antes;
- Reciclar seus conhecimentos sempre e fazer uso consciente do *software* dedicado como

ferramenta auxiliadora de seu trabalho mas nunca como fator determinante da melhor solução ou como substituto do profissional projetista.

Vale ater um pouco mais de atenção acerca desta última sugestão, haja vista que a utilização de *softwares* pode trazer muitas facilidades para as empresas ou profissionais na elaboração de um projeto, já que muitos deles são capazes de: realizar o dimensionamento dos circuitos e detalhamento do projeto com geração automática dos quadros de cargas e diagramas unifilares; banco de dados para listas de materiais com melhor precisão do que se fazer manualmente; geram desenhos diversos relacionados (vistas e cortes), dentre outros recursos e funções. Estas características vão de encontro às necessidades dos projetistas, proporcionando desta forma um ganho de tempo na elaboração do projeto.

Entretanto, a limitação de suporte e previsão de sistemas específicos destes programas são consideradas um complicador na utilização dos *softwares* de projetos existentes, motivo pelo qual é extremamente importante que o projetista conheça essas e outras limitações que por ventura existam para que não tenha nenhuma surpresa e veja o resultado de todo o trabalho já realizado sendo comprometido.

Outro ponto preocupante que pode ser notado é que o mercado vem sofrendo mudanças constantes, o que resulta em um alavancamento da concorrência, o torna extremamente dinâmico e também sujeito à instabilidade econômica, motivo pelo qual, para prosperar e conquistar os projetos que almejam, é necessário que o profissional ou empresa de projetos se atente para certas questões, tais como:

- Saber gerir suas competências necessárias conciliando-as com as áreas de atuação em que se enquadra;
- Possuir um escritório estruturalmente organizado;
- Controlar a qualidade dos serviços prestados;
- Implementar a família de normas da *International Organization for Standardization* (ISO), quais sejam, a NBR ISO 9000 (ABNT, 2015), NBR ISO 9001 (ABNT, 2015), NBR ISO 9004 (ABNT, 2010) e NBR ISO 19011 (ABNT, 2012) para que sirvam no processo de controle da qualidade dos mesmos;

- Utilizar auditorias sobre todo o processo com o intuito de prover a análise crítica nas ações de avaliação periódica do sistema da empresa;
- Possuir uma gama de projetistas experientes em obras, garantindo ao cliente a adoção de soluções facilitadoras no processo de construção;
- Atenção à compatibilização de projetos em virtude da multidisciplinaridade e a realização, na maioria das vezes, por diferentes profissionais em cada um dos subsistemas necessários numa obra; e
- Reconhecer a importância da prática da engenharia simultânea já que esta requer a integração das equipes, o uso de processos paralelos para diminuir tempo de realização e a priorização de resultados satisfatórios com retroalimentação de informações precisas e checagens durante o próprio desenvolvimento do projeto.

Ao concretizar a venda do serviço de elaboração do projeto de IE, é necessário que a empresa ou projetista individual primeiramente faça um levantamento de várias informações acerca do empreendimento para que possa determinar as restrições e as possibilidades que irão reger a elaboração do projeto, tais como as plantas baixas dos pavimentos, a posição de portas, janelas, escadas, *shafts* (poços), caixa de elevadores, dados sobre piso, parede e teto, tipo de escadas (se houver), altura dos pavimentos, a altura de instalação dos forros (se utilizados), vistas de telhados ou avanços de lajes, a planta de locação da edificação no terreno e seu limite de divisa com a via pública e outras propriedades, o leiaute com a disposição das pias, lavatórios, área de banho, churrasqueira, piscina, mobiliário, etc. Soma-se a isto o posicionamento, as dimensões e os formatos de vigas, pilares e elementos da fundação e o tipo de laje a ser utilizada com a espessura da mesma. Pondera-se também a realização de uma entrevista inicial com o proprietário e ou com o coordenador do empreendimento a fim de esclarecer mais detalhadamente as expectativas do cliente. É preciso ainda que se faça uma avaliação das influências externas, que estão caracterizadas na NBR 5410 (ABNT, 2004) e NBR 14039 (ABNT, 2005), propiciando a elaboração de um projeto com baixíssima margem de erro.

Essas informações irão permitir, no momento em que o escritório ou projetista for realizar sua análise inicial, uma visualização mais concreta de possíveis soluções e implantação da instalação elétrica a ser realizada, evitando assim problemas na execução da obra.

Cumprido destacar que apesar das normas técnicas serem, a princípio, de uso voluntário, é preciso que o projetista tenha consciência da importância de agir em conformidade com as mesmas. A base deste estudo é a NBR 5410 (ABNT, 2004), que dispõe sobre as instalações elétricas de baixa tensão e que merece toda a atenção, sendo considerada a mãe das normas de instalação elétrica, contudo, é preciso também que os regulamentos e as outras normas técnicas ligadas às instalações elétricas sejam respeitados, tais como a NBR 5419 (ABNT, 2015) – Proteção contra descargas atmosféricas; a NBR 13534 (ABNT, 2008) – Instalações elétricas de baixa tensão – requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde; a NBR 13570 (ABNT, 1996) – Instalações elétricas em locais de afluência de público – requisitos específicos; a NBR 14039 (ABNT, 2005) – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV; e a NBR IEC 60079-14 (ABNT, 2013) – Atmosferas explosivas – parte 14: projeto, seleção e montagem de instalações elétricas. No que se refere aos regulamentos, pode-se citar o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8078/90); Obras Públicas (Lei nº 8666/93), Norma Regulamentadora nº 10 (NR 10) e as normas das concessionárias com base na Resolução nº 414/2010 da ANEEL.

De posse de todas as informações coletadas até este momento, o projetista poderá iniciar com segurança a elaboração do projeto de instalações elétricas, buscando a partir daqui analisar a localização de pontos de utilização de energia elétrica e previsão de cargas com relação aos equipamentos a serem atendidos, levando em consideração a facilidade de acesso ao ponto e a segurança do usuário. Prosseguindo, o projetista poderá determinar a divisão da instalação e a forma como serão distribuídos os circuitos com base nas recomendações das normas pertinentes e, em geral, da NBR 5410 (ABNT, 2004), concedendo especial atenção à questão do aterramento e da equipotencialização, de forma a garantir maior proteção no momento de realizar as instalações de uma edificação bem como dos futuros usuários.

Destaca-se ainda que a seleção de todos os componentes da instalação elétrica deve ser feita conforme as normas técnicas aplicáveis, bem como possuir características compatíveis com as condições elétricas, operacionais e ambientais a que forem submetidos ou, se necessário, que sejam compatibilizadas para atenderem às exigências das normas técnicas.

Para se concluir o projeto de instalação elétrica, é necessário que este contenha alguns documentos extremamente importantes para sua validação, tais como as plantas ou desenhos que são a representação gráfica do projeto; o memorial descritivo; a especificação técnica; as planilhas com itens quantitativos e orçamentários (se solicitado); a memória de cálculos; a Anotação de Responsabilidade Técnica, a qual irá atestar a realização da prestação de serviço por profissional habilitado e registrado no conselho de classe profissional. Tais documentos deverão formar o conjunto de elementos necessários e suficientes para a caracterização da instalação elétrica a ser realizada.

Estando com todos esses documentos, o projetista realizará uma revisão final do serviço, visando verificar se não há presença de inconsistência, falha ou erro na sua elaboração para, então, realizar a entrega ao cliente formalmente, momento em que explicará todos os procedimentos contidos no projeto e sanará qualquer dúvida que por ventura surja.

Ficou demonstrado neste estudo que após a entrega do projeto o projetista terá algumas possibilidades que lhe proporcionarão, além de continuar acompanhando a obra durante sua execução, a realização de novos contratos com aquele cliente, o qual lhe beneficiará, não só financeiramente, mas também lhe promovendo um crescimento profissional que irá acompanhá-lo nos projetos futuros que provavelmente desenvolverá.

Este estudo demonstrou o quão importante é a área de instalação elétrica, visto que está presente em todos os tipos de construção, porém, é tão pouco valorizada, até mesmo nos cursos de graduação de engenharia elétrica, que deixam a desejar no que diz respeito ao real aprofundamento do conhecimento. Entende-se que é necessário que as instituições de ensino e os próprios professores busquem realizar um ensino mais profundo acerca da teoria e da prática, sobre a interpretação das normas no que diz respeito às suas orientações e diretrizes, bem como quanto aos materiais a serem utilizados e aplicados nas construções, para que os futuros profissionais tenham uma carga maior de conhecimento, gerando assim mais segurança no desenvolvimento de seus futuros trabalhos na área. Ressalta-se ainda que a valorização do profissional ocorre na medida em que este busca se aperfeiçoar através de atualizações em congressos e feiras especializadas e, principalmente, pela aquisição de novos títulos por meio de pós-graduação, mestrado e doutorado, o que, certamente, resultará em profissionais mais capazes e comprometidos com a profissão que escolheram.

Este estudo não busca esgotar o tema, até porque muitos assuntos foram abordados no decorrer de seu desenvolvimento e que merecem ser entendidos com atenção de novos estudos, tais como os projetos de instalações elétricas que atendam casos mais específicos

como locais com atmosferas explosivas, de afluência de público e de ambientes assistenciais de saúde; instalações de média tensão com vista a explorar a NBR 14039 (ABNT, 2005); pesquisas sobre novas tecnologias e especificações, dentre vários outros assuntos que, por meio deste estudo, poderão iniciar seu desenvolvimento.

Uma possível contribuição que se possa fazer é dar prosseguimento e utilizar as ferramentas deste trabalho. A realização de um fluxograma geral e até a implementação computacional que permita gerar um manual com os passos para a elaboração de projetos de instalações elétricas de edificações que vislumbre as várias situações com base nas normas e regulamentos existentes pode ser estudado. O objetivo seria a facilitação tanto da aprendizagem como do controle das etapas necessárias durante a criação deste projeto para um dado empreendimento.

Por outro lado, como foi tratado com especial atenção a NBR 5410 (ABNT, 2004), faz-se necessário que sejam apresentados algumas sugestões acerca desta norma técnica, bem como uma análise de uma possível adequação do texto da norma NBR 13570 (ABNT, 1996).

Uma sugestão que se pode fazer para a próxima revisão da norma NBR 5410 (ABNT, 2004) é a questão de implementar uma previsão mínima de pontos de utilização para edificações comerciais, visto que muitos destes empreendimentos são para aluguéis ou venda, ou seja, os reais utilitários são diversificados e, muitas vezes, leigos que porventura enfrentam problemas logo quando compram ou alugam o imóvel e se deparam com as condições aquém daquilo necessário para sua utilização quanto à parte elétrica. Não que todas as situações estarão previstas, mas uma condição mínima necessária para eventuais atividades cuja utilização de energia elétrica esteja dentro de um critério razoável de aceitação, evitando assim reformas ou adaptações por falta de um critério inicial e economia em demasia do construtor.

Outra sugestão para a revisão da NBR 5410 (ABNT, 2004) é quanto à possibilidade de colocar como exigência a utilização de cabos para circuitos de segurança que atendam à norma NBR 10301 (ABNT, 2014), ou seja, que tenham resistência ao fogo de acordo com os requisitos estabelecidos nela e possam ser assim classificados. Esta sugestão baseia-se no fato de que há uma coerência de se utilizar materiais com tal finalidade para quando houver a ocorrência do sinistro, circuitos que tenham que permanecer ativos e possuam a resistência devida para suportar tal situação adequadamente pelo tempo estabelecido por norma. É uma questão de aumentar a confiabilidade e desempenho da instalação quanto aos circuitos de segurança.

Uma terceira sugestão é a política de adequação de revisão das normas pela ABNT, a qual a NBR 5410 (ABNT, 2004) não vem atendendo, pois já se passaram 12 anos desde que a última foi realizada. Note que, agora, é que se caminha efetivamente para uma nova análise da mesma e que, muito provavelmente, numa perspectiva mais otimista, somente em 2017 terá concretizada esta revisão e adequação naquilo que julgarem necessário e baseado na IEC 60364 (*Low-voltage electrical installations*) que já passou por esse processo em 2005, 2009, 2011 e 2015 em suas diversas partes.

Outra sugestão é quanto à adequação do texto da norma NBR 13570 (ABNT, 1996) que trata das instalações elétricas em locais de afluência de público. Adotar a mesma metodologia feita pela NBR 13534 (ABNT, 2008) quanto à disposição dos assuntos, seguindo a mesma da NBR 5410 (ABNT, 2004), para que haja uma correlação mais fácil de ser vista pelo usuário e entendimento daquilo que segue a esta última, ou alterações e complementos das prescrições. O tempo de revisão da NBR 13534 (ABNT, 1996) também já se faz necessário, pois são 20 anos transcorridos e novas tecnologias ou adequações requerem adaptações ou pronunciamento sobre as mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. *Resolução Normativa da ANEEL N° 414/2010*. Resolução da ANEEL que regulamenta os direitos e deveres dos consumidores de energia elétrica oferecidos pelos concessionários. Disponível em: <www.aneel.gov.br/.../livros/REN_414_2010_atual_REN_499_2012.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5410:1997 – Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5413:1992 – Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5418:1995 – Instalações elétricas em atmosferas explosivas*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas Parte 1: Princípios gerais*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5419-2:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas Parte 2: Gerenciamento de risco*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5419-3:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5419-4:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5597:2013 – Eletroduto de aço carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT - Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5598:2013 – Eletroduto de aço carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5624:2011 – Eletroduto rígido de aço carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca ABNT NBR 8133 – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5674:2012 – *Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6524:1998 – *Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas*. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6812:1995 – *Fios e cabos elétricos – Queima vertical (fogueira)*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7285:2016 – *Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6/1 kV – Sem cobertura – Requisitos de desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7286:2015 – *Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 a 35 kV – Requisitos de desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7287:2009 – *Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensão de 1 a 35 kV – Requisitos de desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7288:1994 – *Cabos de potência com isolamento extrudada de cloreto de polivinila (PVC) ou polietileno (PE) para tensões de 1 a 6 kV*. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8661:1997 – *Cabos de formato plano com isolamento estrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensão até 750 V – Especificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10301:2014 – *Fios e cabos elétricos – Resistência ao fogo*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11301:1990 – *Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) - Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13248:2014 *Versão Corrigida: 2015* – *Cabos de potência e condutores isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para tensões até 1 kV – Requisitos de desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13534:2008 – *Instalações elétricas de baixa tensão – Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde*. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13570:1996 – *Instalações elétricas em locais de afluência de público – Requisitos específicos*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 14037:2011 Versão Corrigida: 2014 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 14039:2005 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 15465:2008 – Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão – Requisitos de desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 60050-826:2009 – Vocabulário eletrotécnico internacional – Capítulo 826: instalações elétricas em edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 60079-14:2009 Versão Corrigida: 2013 – Atmosferas explosivas Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 60439-1:2003 – Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão Parte 1: Conjuntos de ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 60439-2:2004 – Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão Parte 2: Requisitos particulares para linhas elétricas pré-fabricadas (sistema de barramentos blindados)*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 60439-3:2004 – Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão Parte 3: Requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização – Quadros de distribuição*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR IEC 61643-1:2007 – Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão – Requisitos de desempenho e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 9000:2005 – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 9000:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 9001:2015 – Sistema de gestão da qualidade – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 9004:2010 – Gestão para o sucesso sustentado de uma organização – Uma abordagem da gestão da qualidade*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 19001:2012 – Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR NM 247-3:2002 Versão Corrigida: 2002 – Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões 450/750 V, inclusive Parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD)*. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Comitê Brasileiro de Eletricidade*. 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb-03>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *História da normalização brasileira*. 2011. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/images/pdf/historia-abnt.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

BARRETO, Paulo E. Q. M. A importância do projeto e da documentação da instalação elétrica. *Revista Eletricidade Moderna*, São Paulo, Aranda, ed. 310, Jan/2000.

BRANDÃO, Hugo Pena; GUIMARÃES, Tomás de Aquino. Gestão de competências e gestão de desempenho: tecnologias distintas ou instrumentos de um mesmo construto? *RAE - Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, v. 41, n. 1, p. 8-15, jan./mar. 2001

BRASIL. *Lei nº 8.666 de 21 de Junho de 1993*. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponíveis em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. *Lei nº 8078 de 11 de setembro de 1990*. Lei que regulamenta o Código de Defesa do Consumidor. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, 11 set. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078.htm>. Acesso em: 21 abr. 2016.

BRASIL. *Portaria MTE n.º 598, de 07 de dezembro de 2004*. 2004. Altera a Norma Regulamentadora nº 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=319865>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

BRASIL. Resolução nº 1.010, aprovada em 22 de agosto de 2005. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema CONFEA/CREA, para efeito de fiscalização do exercício profissional. *Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura - CONFEA*, Brasília, 21 dez. 2015. Disponível em: <<http://www.confed.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=1196>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

BRASIL. Resolução nº 21 de 5 de abril de 2012. Dispõe sobre as atividades e atribuições profissionais do arquiteto e urbanista e dá outras providências. *Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR* Brasília, 5 abr. 2012. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/anexos/resolucao/RES-21_CAUBR_16_2012.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2015.

CAMPOS, Sérgio Emídio de Azevêdo. *Gestão do processo de projetos de edificações em instituição federal de ensino superior: Estudo de caso no CEPLAN/UnB*. 2011. 208p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

CASTELARI, Sérgio. *Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde*. 2010. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed86_fasc_missao_critica_cap3.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

COMITÊ BRASILEIRO DE ELETRICIDADE, ELETRÔNICA, ILUMINAÇÃO E TELECOMUNICAÇÕES - COBEI. *Folder*. 2015. Disponível em: <http://www.cobei.org.br/Folder_Cobei_v_05.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *ND-5.3 – Fornecimento de energia elétrica em média tensão – Rede de distribuição aérea ou subterrânea*. Belo Horizonte: CEMIG, 2013. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Paginas/norma_tecnica.aspx>. Acesso em: 21 abr. 2016.

CONMETRO. *Resolução nº 7 de 24 de agosto de 1982*. Dispõe sobre a instituição da ABNT como o foro nacional de normalização. 1982. Disponível em: <http://www.editoramagister.com/doc_348920_RESOLUCAO_N_7_DE_24_DE_AGOSTO_DE_1992.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2016.

COTRIM, Ademaro A. M. B. *Instalações elétricas*. Revisão e adaptação técnica de José Aquile Baesso Gromoni e Hilton Moreno. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CREDER, Hélio. *Instalações elétricas*. Coordenação de Luiz Sebastião Costa. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

FABRICIO, Márcio Minto. *Projeto simultâneo na construção de edifícios*. 2002. 329p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 60364-5-51:2001- Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*. 4. ed. 2001. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/publication/15763>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 61312-1:1995- Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*. 1995. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/publication/19609>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

MAMEDE FILHO, João. *Instalações elétricas industriais*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MELHADO, Silvio Burrattino. Colaboração e tecnologia da informação no processo de projeto. In: 2º CICLO DE APERFEIÇOAMENTO TÉCNICO PROFISSIONAL DO AEASC, 2, 2010, São Paulo. *Palestra Silvio Melhado AEASC*, São Paulo, 24 ago. 2010. Disponível em:

http://www.aeasc.com.br/site/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=38&Itemid=11>. Acesso em: 07 jun. 2016.

MELHADO, Silvio Burrattino. *Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios*. 2001. 235p. Tese (Livre Docência) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELHADO, Silvio Burrattino. O que é qualidade de projeto? Uma discussão acerca das mudanças conceituais necessárias para a melhoria da qualidade na construção de edificações. In: workshop qualidade de projeto/RS. *Anais...* Porto Alegre, Departamento de Engenharia Civil/Escola Politécnica/PUC-RS, 1995. s/p.

MELHADO, Silvio Burrattino. *Qualidade do projeto na construção civil: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construtora*. 1994. 294p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MODENA, Jobson. *A nova NBR 5419:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas*. 2015. Disponível em: <http://www.cinase.com.br/2015-2s/apoio/20150611/6%20-%20CINASE-2015_SPDA_Jobson%20Modena.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016

MODENA, Jobson. *Proteção contra raios*. 2010. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/colunistas/jobson-modena/267-protecao-contr-raios.html>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

MOREIRA, Egon Bockmann; GUIMARÃES, Fernando Vernalha. *Licitação pública*. 2. ed. São Paulo: Malheiros, 2015, p. 178-179.

MORENO, Hilton et al. *Guia o setor elétrico de normas brasileiras*. São Paulo: Atitude Editorial, 2011.

MORENO, Hilton; COSTI, Luiz Olímpio; BARRETO, Paulo E.Q.M. As instalações elétricas e a segurança contra incêndio no Brasil. In: SEITO, A. I. et al. *A segurança contra incêndio no Brasil*. São Paulo: Projeto Editora, 2008. cap. XII, p. 181-199.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph. *Instalações elétricas*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PERALTA, Antônio Carlos. *Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PEREIRA, Caio Mario da Silva. *Instituições de direito civil*. v III. 17. ed. São Paulo: Forense, 2013, p. 290.

PEREIRA, Joaquim Gomes; SOUZA, João José Barrico de Sousa. *Manual sobre a NR-10*. 2011. Disponível em: <http://www2.mte.gov.br/seg_sau/manual_nr10.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.

PICCHI, Flávio Augusto. *Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios*. 1993. 462p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

RAMOS, Mário Cesar Giacco. *Uma contribuição para a área de saúde por meio da verificação do impacto da qualidade de energia e das instalações elétricas nos equipamentos eletromédicos*. 2009. 253p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: Workshop Nacional Gestão do Processo na Construção de Edifícios, 2., 2002. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 2002.

ROMANO, Fabiane Vieira. *Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações*, 2003, 326p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. 2009. In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo [Org.]. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

SOUZA, José Rubens Alves; MORENO, Hilton. *Guia EM da NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão*. São Paulo: Aranda, 2001.

VANNI, Cláudia Maria Kattah. *Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios*. 1999. 198p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VERGARA, Sylvia Constant. *Métodos de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas, 2005. 287p.

GLOSSÁRIO

Alta Tensão (AT): Tensão superior a 1000 V em corrente alternada ou 1500 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra segundo a definição na NR 10 (MTPS). No caso das normas técnicas, alta tensão é considerada para valores acima de 72500 V.

Baixa Tensão (BT): Tensão superior a 50 V em corrente alternada ou 120 V em corrente contínua e igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada ou 1500 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Bandeja: Suporte de cabos constituído por uma base contínua, com rebordos e sem cobertura, podendo ser perfurada ou lisa.

Barra: Condutor rígido, em forma de tubo ou seção perfilada, fornecido em trechos retilíneos. São usadas como condutores (geralmente sem isolamento) em equipamentos, tais como quadros de distribuição, painéis, subestações desabrigadas, abrigadas ou blindadas.

Barramento: Conjunto de barras de mesma tensão nominal, com seus suportes e acessórios.

Barramento blindado (*busways*): É uma linha pré-fabricada cujos condutores são barras, acondicionados em caixas metálicas, por meio de isoladores.

Bloco alveolado: Bloco de construção com um ou mais furos que, por justaposição, formam um ou mais condutos.

Cabo: Conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.

Cabo multiplexado: Cabo formado por dois ou mais condutores isolados ou por cabos unipolares, dispostos helicoidalmente, sem cobertura.

Cabo multipolar: Constituído por dois ou mais cabos isolados e dotado, no mínimo, de cobertura.

Cabo nu: É um cabo sem isolamento e cobertura.

Cabo unipolar: Cabo isolado dotado de cobertura.

Canaleta: Elemento de linha elétrica instalado ou construído no solo ou no piso, ou acima do solo ou do piso, aberto, ventilado ou fechado, com dimensões insuficientes para a entrada de pessoas, mas que permitem o acesso aos condutores ou eletrodutos nele instalados, em toda a sua extensão, durante e após a instalação. Uma canaleta pode ser parte, ou não, da construção da edificação.

Carga Instalada: Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora ou em parte dela, em condições de entrar em funcionamento.

Circuito (elétrico): Conjunto de componentes da instalação alimentados a partir da mesma origem e protegidos contra sobrecorrentes pelos mesmos dispositivos de proteção. Um circuito compreende, num caso mais geral, os condutores, todos os dispositivos neles ligados

(proteção, comando e manobra) e, se for o caso, as tomadas de corrente, não incluindo os equipamentos de utilização alimentados.

Cobertura de um fio ou cabo: Invólucro externo não metálico e contínuo, sem função de isolamento, destinado a proteger o fio ou cabo contra influências externas.

Comando: Uma ação humana ou de dispositivo automático que modifica o estado ou a condição de determinado equipamento.

Condutor elétrico: Produto metálico, geralmente de forma cilíndrica e de comprimento muito maior que a sua maior dimensão transversal, utilizado para transportar energia elétrica ou para transmitir sinais elétricos. Na prática, o termo é usado num sentido mais amplo: para designar, além do condutor propriamente dito, os condutores isolados, os cabos uni e multipolares, os fios e os cabos nus, os fios e os cabos cobertos, as barras e os barramentos blindados.

Condutor encordoado: Condutor constituído por um conjunto de fios dispostos helicoidalmente. Essa construção confere ao condutor maior flexibilidade em relação ao condutor sólido (fio).

Condutor isolado: Fio ou cabo dotado apenas de isolamento, e esta pode ser constituída por uma ou mais camadas.

Curto-circuito: Ligação intencional ou acidental entre dois ou mais pontos de um circuito através de uma impedância desprezível.

Demanda: Média das potências ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo específico..

Elemento condutivo ou parte condutiva: Elemento ou parte constituída de material condutor, pertencente ou não à instalação, mas que não é destinada normalmente a conduzir corrente elétrica.

Eletrocalha: Elemento de linha elétrica fechada e aparente, constituído por uma base com cobertura desmontável, destinado a envolver por completo condutores elétricos providos de isolamento, permitindo também a acomodação de certos equipamentos elétricos. As calhas podem ser metálicas (aço, alumínio) ou isolantes (plástico, fibra de vidro); as paredes podem ser lisas ou perfuradas e a tampa simplesmente encaixada ou fixada com auxílio de ferramenta.

Eletroduto: Elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter condutores elétricos providos de isolamento, permitindo tanto a enfição como a retirada destes. Os eletrodutos podem ser metálicos (aço, alumínio) ou de material isolante (PVC, polietileno, fibrocimento, etc.). São usados em linhas elétricas embutidas, subterrâneas ou aparentes.

Energia elétrica ativa: Aquela que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em watt-hora (Wh) ou quilowatts-hora (kWh).

Energia elétrica reativa: Aquela que circula entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em volt-ampère-reactivo-hora (VA_{rh}) ou em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVA_{rh}).

Escada ou leito para cabos: Suporte de cabos constituído por uma base descontínua, formada por travessas ligadas rigidamente a duas longarinas, longitudinais sem cobertura.

Extra Baixa Tensão (EBT): Tensão não superior a 50 V em corrente alternada ou 120 V em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Falta (elétrica): Contato ou arco acidental entre partes vivas sob potenciais diferentes, entre partes vivas e a terra ou entre parte viva e massa (falta para a terra ou falta para a massa), num circuito ou equipamento elétrico energizado.

Fator de potência: É a razão entre a potência ativa e a potência aparente ou a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

Fio: Produto metálico, maciço e flexível, de seção transversal invariável e de comprimento muito maior que a sua seção transversal. São geralmente de forma cilíndrica e podem ser usados diretamente como condutores elétricos (com ou sem isolamento) ou para a fabricação de condutores encordoados.

Fio nu: É um fio sem revestimento, cobertura e isolamento.

Galeria: Corredor cujas dimensões permitem que pessoas transitem livremente por ele em toda a sua extensão, contendo estruturas de suporte para os condutores e suas junções e ou outros elementos de linhas elétricas.

Isolação: Conjunto dos materiais isolantes utilizados para isolar eletricamente. No caso dos condutores elétricos, a isolação é aplicada sobre o condutor, para isolá-lo eletricamente do ambiente que o circunda e dos outros condutores que estão próximos.

Linha aberta: Linha em que os condutores são circundados por ambiente não confinado.

Linha aérea: Linha (aberta) em que os condutores ficam elevados em relação ao solo e afastados de outras superfícies que não os respectivos suportes.

Linha aparente: Linha em que os condutos ou condutores não estão embutidos.

Linha em parede ou no teto: Linha aparente em que os condutores na superfície de uma parede ou de um teto, ou em sua proximidade imediata, dentro ou fora de um conduto. Considera-se que a distância entre o conduto ou o cabo e a parede ou o teto seja inferior a 0,3 vezes o diâmetro externo ou a maior dimensão externa do conduto ou cabo, conforme o caso.

Linha embutida: Linha em que os condutos ou condutores são encerrados nas paredes ou na estrutura da edificação, com acessos apenas em pontos determinados.

Linha pré-fabricada: Linha elétrica constituída por peças em tamanhos padronizados, contendo condutores de seção maciça com proteção mecânica, que se ajustam entre si no local da instalação.

Linha subterrânea: Linha constituída por cabos isolados, enterrados diretamente no solo ou instalados em condutos enterrados no solo.

Manobra: Mudança na configuração elétrica de um circuito, realizada manual ou automaticamente por dispositivo adequado e destinado a esta finalidade.

Massa: Parte condutiva que pode ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode tornar-se viva em condições de falta, isto é, de falha de isolamento.

Média Tensão (MT): Tensão compreendida entre 1000 V e 72500 V conforme normas técnicas brasileiras.

Moldura: Conduto aparente, fixado ao longo de superfícies, compreendendo uma base fixa, com ranhuras para a colocação de condutores e uma tampa desmontável. Quando fixada ao ângulo parede e piso, a moldura é também denominada rodapé.

Norma: Documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para produtos, serviços, processos, sistemas de gestão, pessoas, enfim, nos mais variados campos, e cuja observância não é obrigatória. De acordo com ABNT ISO/IEC Guia 2:2006, convém que as normas sejam baseadas em resultados consolidados da ciência, da tecnologia e da experiência acumulada, visando à otimização de benefícios para a comunidade.

Normalização: Atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva, para que se obtenha um grau ótimo de ordem, em um determinado contexto. De forma sistematizada, a normalização é executada por organismos que contam com a participação de todas as partes interessadas (produtores, consumidores, universidades, laboratórios, centro de pesquisas e Governo).

Parte viva: Condutor ou parte condutora a ser energizada em condições de uso normal, incluindo o condutor neutro.

Perfilado: Eletrocalha ou bandeja de dimensões transversais reduzidas. Um dos tipos mais comuns de perfilados tem a dimensão 38 x 38 mm.

Poço (*shaft*): Espaço de construção vertical, estendendo-se, geralmente, por todos os pavimentos da edificação.

Ponto de entrada (numa edificação): Ponto em que uma linha externa penetra na edificação.

Ponto de entrega: Ponto de conexão do sistema elétrico da empresa distribuidora de eletricidade com a instalação elétrica da(s) unidade(s) consumidora(s) e que delimita as responsabilidades da distribuidora, definidas pela autoridade reguladora.

Ponto de tomada: Ponto de utilização em que a conexão do equipamento ou equipamentos a serem alimentados é feita através de tomada de corrente.

Ponto de utilização: Ponto de uma linha elétrica destinado à conexão de equipamento de utilização.

Potência aparente: É a soma vetorial das potências ativas e reativas, expressa em volt-ampère (VA) ou quilovolt-ampère (kVA).

Potência ativa: Quantidade de energia elétrica ativa por unidade de tempo, expressa em watts (W) ou quilowatts (kW).

Potência de alimentação: Corresponde à demanda máxima presumida de uma instalação, ou de uma parte da instalação, em um período de tempo considerado.

Potência nominal: Potência (ativa ou aparente) de entrada atribuída pelo fabricante, quando o equipamento funciona sob tensão e frequência nominais, na temperatura normal e com carga normal ou na condição adequada de dissipação de calor, expressa em watts (W) ou quilowatts (kW) se potência ativa, ou volt-ampère (VA) ou quilovolt-ampère (kVA) se potência aparente.

Potência reativa: Quantidade de energia elétrica reativa por unidade de tempo, em volt-ampère reativo (VAr) ou quilovolt-ampère reativo (kVAr).

Prateleira para cabos: Suporte contínuo para condutores, engastado ou fixado em uma parede ou teto por um de seus lados, e com uma borda livre.

Proteção: Relacionado a dispositivos, é a ação automática provocada por esses que são sensíveis a determinadas condições anormais que ocorrem num circuito, no sentido de evitar danos a pessoas e animais e ou a um sistema ou equipamento elétrico.

Proteção adicional: Meio destinado a garantir a proteção contra choques elétricos em situações de maior risco de perda ou anulação das medidas normalmente aplicáveis, de dificuldade no atendimento pleno das condições de segurança associadas a determinada medida de proteção e ou, ainda, em situações ou locais em que os perigos do choque elétrico são particularmente grave.

Proteção básica: Meio destinado a impedir contato com partes vivas perigosas em condições normais.

Proteção supletiva: Meio destinado a suprir a proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se acidentalmente vivas.

Ramal de entrada: Conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a medição ou a proteção de suas instalações.

Ramal de ligação: Conjunto de condutores e acessórios instalados pela distribuidora entre o ponto de derivação de sua rede e o ponto de entrega.

Regulamento: Documento que contém regras de caráter obrigatório e que é adotado por uma autoridade.

Regulamento Técnico: Regulamento emitido por uma autoridade com poder legal (órgãos nos níveis federal, estadual ou municipal) que contém regras de caráter obrigatório e estabelece requisitos técnicos, seja diretamente, seja pela referência ou incorporação do conteúdo de uma norma, de uma especificação técnica, ou de um código de prática, no todo ou em parte.

Subestação: Parte do sistema de potência (ou de uma instalação elétrica) que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem.

Unidade consumidora: Conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas.