

GABRIELA MAIA CAMARGO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SETE NORMAS TÉCNICAS DE FORNECIMENTO
DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA PARA UNIDADES
INDIVIDUAIS NA REGIÃO SUDESTE**

Guaratinguetá – SP

2017

GABRIELA MAIA CAMARGO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE SETE NORMAS TÉCNICAS DE FORNECIMENTO
DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA PARA UNIDADES
INDIVIDUAIS NA REGIÃO SUDESTE**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

Guaratinguetá - SP

2017

Camargo, Gabriela Maia

C172a Análise comparativa de sete normas técnicas de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para unidades individuais na região Sudeste / Gabriela Maia Camargo – Guaratinguetá, 2017.

54 f : il.

Bibliografia: f. 51-54

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

1. Normas técnicas. 2. Instalações elétricas domiciliares
3. Transformadores elétricos. I.Título

CDU 621.316.17

GABRIELA MAIA CAMARGO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Prof. Dr. LEONARDO MESQUITA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS
Orientador/UNESP-FEG



Prof. Dr. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA
UNESP-FEG



Prof. Dr. DURVAL LUIZ S. RICCIULLI
UNESP-FEG

Dezembro de 2017

DADOS CURRICULARES

GABRIELA MAIA CAMARGO

NASCIMENTO 19.01.1995 – Caraguatatuba / SP

FILIAÇÃO Roseli Maria Maia Camargo
José Carlos Camargo

2013/2017 Curso de Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Guaratinguetá

em memória de meu avô materno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, *Roseli e José Carlos*, por serem a fundação sólida da minha carreira acadêmica e por me incentivarem mesmo durante as adversidades, à minha irmã *Natália*, meu noivo *Luis Alfredo* e toda a minha família, pelo apoio emocional, técnico e incentivos,

aos meus orientadores de trabalho de graduação e iniciação científica, respectivamente, *Prof. Dr. Rubens Alves Dias* e *Prof. Dr. José Feliciano Adami*, em primeira instância por acreditarem no meu potencial e pelos conselhos fundamentais para meu desenvolvimento pessoal e acadêmico,

a todos os professores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG UNESP, em especial aos docentes do Departamento de Engenharia Elétrica, que fizeram com que todas as minhas expectativas sobre formar-me uma engenheira eletricista fossem atendidas,

aos meus colegas, *Cássia, Lucas e Thiago*, com os quais pude desenvolver um companheirismo indescritível. A graduação não seria uma experiência completa sem a presença de vocês,

a todos os meus professores do ensino fundamental e médio, que me auxiliaram a ir mais longe,

aos meus colegas estagiários, engenheiros e técnico da PMSJC e à minha supervisora de estágio, que me proporcionaram a experiência do primeiro contato com a engenharia além da faculdade em um setor tão gratificante como iluminação pública,

a todos os funcionários da UNESP.

“As *grandes ideias* surgem da observação dos pequenos detalhes.”

Augusto Cury

CAMARGO, G. M. **Análise Comparativa de sete normas técnicas de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para unidades individuais na região Sudeste.** 2017. 53 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

RESUMO

Durante a realização de um projeto de instalações elétricas residenciais, é mandatória a observação da NBR 5410 e das normas técnicas de instalações individuais em rede secundária das concessionárias de distribuição de energia elétrica, por obrigações contratuais. Cada concessionária de energia possui sua própria metodologia descrita em documentos de livre acesso, o que leva a diferenças no resultado final do dimensionamento das instalações elétricas residenciais. É intuitivo admitir assimetrias nos métodos das concessionárias que possuam área de operação em diferentes regiões geográficas, devido à influência climática na potência e utilização de determinados aparelhos típicos em residências, porém não quando se refere às concessionárias pertencentes a uma mesma região ou mesmo estado. Este trabalho realiza uma análise econômica das divergências advindas dos métodos, fatores de potência e de demanda e das potências assumidas de cargas especiais de sete concessionárias com áreas concessão distintas nos quatro estados da região Sudeste. Para isto, realiza-se o dimensionamento do padrão de entrada para um estudo de caso de acordo com as normas técnicas das sete concessionárias. Visando ressaltar o impacto do método de cálculo das instalações residenciais na rede de distribuição, também é desenvolvida uma hipótese sobre o carregamento de transformadores em áreas exclusivamente residenciais com instalações semelhantes à do estudo de caso, evidenciando a influência da demanda calculada no carregamento dos transformadores e, conseqüentemente, nas perdas técnicas das redes de distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: NBR 5410. Normas técnicas de concessionárias. Perdas técnicas na rede de distribuição.

CAMARGO, G. M. **Comparative analysis of seven technical standards for the supply of electricity in secondary voltage to individual units in the Southeast region.** 2017. 53 p. Undergraduate Final Work (Graduate in Electrical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

ABSTRACT

To ensure the proper fulfillment of electrical projects for residential installations is mandatory to follow the NBR 5410 and the technical standards for individual installations in secondary grid belonging to the electric utilities, because of contractual obligations. Every electric utility possess its own project method, described in standards of free access, which causes distinction in the dimensioning of residential electrical installations. It's intuitional to grant some asymmetries in the standards of electric utilities that possess concession area in different geographic regions, due to climatic influence in choosing power and use of some electrical devices, but not between standards of electric utilities in the same region, or even the same state. This study produces an economic analysis of the variance in method, power factor, power assumed to special loads and demand factor of seven electric utilities operating in different areas of Brazilian southeast region, by executing the dimensioning of the electric input branch of a residential installation following the seven different technical standards belonging to this electric utilities. Aiming to highlight the impact of electrical residential installations methods in the distribution grid, is also developed a hypothesis about transformers loading in residential areas, emphasizing the influence of calculated demands of installations in the loading of transformers and, thereafter, in technical losses of the distribution grid.

Key words: NBR 5410. Electric utility technical standard. Technical losses in the distribution grid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Mapa de tipos de normas utilizadas para instalações em baixa tensão.....	17
Figura 3.1 - Exemplo de curva de carga de uma instalação residencial.....	28
Figura 3.2 - Esquema simplificado do sistema de geração, transmissão e distribuição.....	29
Figura 3.3 - Rendimento em função do fator de potência ($\cos\phi$) e do carregamento em relação à potência aparente nominal (S_2/SN_2).	30
Figura 4.1 - Planta baixa do estudo de caso	32
Figura 5.1 - Fator de demanda de TUGs e iluminação em função da potência instalada, por concessionária.....	47
Figura 5.2 - Fator de demanda de chuveiros em função do número de aparelhos, por concessionária.....	48
Figura 5.3 - Fator de demanda de condicionadores de ar em função do número de aparelhos, por concessionária	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Módulos de demanda em função das dependências da instalação	26
Tabela 4.1 - Parâmetros dos cômodos	33
Tabela 4.2 - Cargas previstas de iluminação e TUG segundo o Método das Cargas Mínimas (continua).	33
Tabela 4.2 - Cargas previstas de iluminação e TUG segundo o Método das Cargas Mínimas (conclusão).	34
Tabela 4.4 - Potências estimadas de Tomadas de Uso Especial, valores em watts.....	34
Tabela 4.5 - Fatores de potência e de demanda	35
Tabela 4.6 - Carga prevista segundo o Método dos Módulos de Demanda	36
Tabela 5.1 - Demanda máxima estimada para as sete concessionárias	38
Tabela 5.2 - Padrão de entrada por concessionária	39
Tabela 5.3 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária A....	40
Tabela 5.4 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária B....	40
Tabela 5.5 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária C....	41
Tabela 5.6 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária D....	41
Tabela 5.7 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária E....	41
Tabela 5.8 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária F (continua).	41
Tabela 5.8 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária F (conclusão).	42
Tabela 5.9 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária G....	42
Tabela 5.10 - Somatório do valor do conjunto poste/disjuntor no padrão de entrada por concessionária	43
Tabela 5.11 - Perdas técnicas apuradas para o ano de 2016, participação do setor residencial no consumo de energia elétrica em 2016 e carregamento estimado dos transformadores por concessionária	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampère
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abradee	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Eléctricas
AEEE	Anuário Estatístico de Energia Eléctrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Eléctricas
BEN	Balanço Energético Nacional
BS	British Standard
BSRIA	Building Services Research & Information Association
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Electrotécnica
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPOS	Companhia Paulista de Obras e Serviços
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
daN	Decanewton
DT	Duplo T
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEC	International Electrotechnical Commission
m	Metros
m ²	Metros quadrados
mm ²	Milímetros quadrados
NBR	Norma Brasileira
NEC	National Electrical Code
NFPA	National Fire Protection Association
NT	Norma Técnica
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas em Baixa Tensão
SETOP	Secretaria do Estado dos Transportes e Obras Públicas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
V	Volts
VA	Volt-ampère
W	Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.2 VISÃO GERAL DO TRABALHO	15
2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: DEFINIÇÕES E BREVE PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE NORMATIZAÇÃO	16
2.1 DEFINIÇÕES	16
2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO DE EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS: ASPECTOS MUNDIAIS	16
2.2.1 Estados Unidos da América	17
2.2.2 Reino Unido	18
2.2.3 Portugal	19
2.2.4 IEC 60364	19
2.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO DE EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS NO BRASIL	20
2.3.1 NBR 5410 (ABNT, 2004)	20
2.3.2 Normas Técnicas de Distribuição	21
3 ASPECTOS CONCEITUAIS E METODOLOGIA	23
3.1 DEFINIÇÕES	23
3.2 MÉTODO DAS CARGAS MÍNIMAS	24
3.3 MÉTODO DOS MÓDULOS DE DEMANDA	26
3.4 A IMPORTÂNCIA DA CORREÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA PELO FATOR DE DEMANDA	27
3.4.1 O transformador no Sistema Elétrico	28
4 ESTUDO DE CASO	32
4.1 PREVISÃO DA CARGA SEGUNDO O MÉTODO DAS CARGAS MÍNIMAS	33
4.1.1 Cálculo da Demanda Segundo o Método das Cargas Mínimas	35
4.2 PREVISÃO DA CARGA SEGUNDO O MÉTODO DOS MÓDULOS DE DEMANDAS	36
5 RESULTADOS	38
5.1 PADRÃO DE ENTRADA	38

5.2 O IMPACTO DO CÁLCULO DA DEMANDA NAS PERDAS TÉCNICAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	43
5.3 A EVOLUÇÃO DOS FATORES DE DEMANDA DE TUGs E ILUMINAÇÃO, CONDICIONADORES DE AR E CHUVEIROS	47
6 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS	51
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	54

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil apresenta, a partir de 2014, uma retração acumulada de 14,3%, sendo no primeiro semestre de 2017 o setor contribuinte do Produto Interno Bruto (PIB) com o pior desempenho, caindo 6,6% em frente ao primeiro semestre de 2016, freando a recuperação do PIB frente à crise econômica (ALVARENGA, 2017).

Dentre as etapas de uma obra residencial, as instalações elétricas são responsáveis por cerca de 5% a 8% do orçamento total, desta forma, como as metodologias para dimensionamento de instalações influenciam na lista de materiais a ser empregada para determinada construção também influenciam na planilha orçamentária geral. Os projetos de instalações elétricas devem atender às normas técnicas nacionais e também aos padrões específicos das concessionárias que atuam na localidade de interesse, sendo que esses representam variações de metodologia que impactam diretamente nos valores nominais de postes, disjuntores e condutores.

A distribuição de energia elétrica no Brasil atualmente é realizada por cerca de 60 concessionárias distintas (Abradee), portanto, alguns estados são divididos em áreas de concessão de duas ou mais empresas de distribuição de energia e as regiões geográficas entre um número de concessionárias da ordem de uma dezena. Tendo em vista o quadro apresentado nos últimos parágrafos, é intuitivo afirmar que o projeto das instalações elétricas residenciais não só pode influenciar na recuperação do setor da construção civil, pois, em princípio, as discrepâncias entre os padrões das concessionárias podem acarretar um aumento dos orçamentos já na fase de projeto de duas residências idênticas em cidades diferentes, devido aos honorários do projetista, que poderiam ser amortizados entre os dois empreendimentos, caso o padrão fosse no mínimo regional, bem como impactar na assimetria do desenvolvimento do setor quando se compara cidades, estados ou regiões.

Por outra ótica, as concessionárias de energia também devem atentar para o impacto das metodologias de cálculo para instalações residenciais em sua rede de distribuição, o que é refletido nas faturas de energia da área de concessão.

Este trabalho evidencia os fatores dos padrões das concessionárias que repercutem em assimetrias nas listas de materiais de instalações elétricas residenciais, realizando uma análise econômica para um estudo de caso. Desenvolve-se também uma hipótese do impacto das metodologias utilizadas nas redes de distribuição.

1.1 OBJETIVOS

Através de um estudo de caso desenvolvido mediante os padrões técnicos para instalações residenciais de sete concessionárias distintas, pertencentes à mesma região geográfica, realiza-se uma comparação econômica entre os orçamentos de parte das instalações elétricas de uma residência de padrão médio. Mediante uma hipótese baseada nos sete padrões distintos, desenvolve-se uma análise dos impactos da utilização das metodologias de cada concessionária sobre sua rede de distribuição.

1.2 VISÃO GERAL DO TRABALHO

O capítulo 2 versa sobre a normatização dos métodos de cálculo de instalações residenciais no mundo e no Brasil. Destaca-se a explanação sobre a importância do atendimento às normas técnicas nacionais e padrões técnicos de concessionárias no que tange obrigações legais ou contratuais.

No capítulo 3 são apresentadas as metodologias de cálculo a serem empregadas no estudo de caso, em conformidades com as normas técnicas. Também evidencia-se a base teórica da hipótese desenvolvida para análise dos impactos dos métodos de cálculo nas redes de distribuição mediante a teoria para otimização de carregamento de transformadores.

O estudo de caso de uma residencial de padrão médio é apresentado e desenvolvido no capítulo 4.

Os resultados de demanda calculada, lista de materiais e orçamentos são apresentados no capítulo 5, bem como hipótese de carregamento de transformadores em áreas residenciais para cada uma das concessionárias e seu impacto nas perdas técnicas de redes de distribuição. Evidencia-se também a evolução das divergências nos padrões das concessionárias com o aumento da demanda das instalações.

Por fim, o capítulo 6 conclui a análise comparativa de sete normas técnicas de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária para unidades individuais na região Sudeste.

2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: DEFINIÇÕES E BREVE PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE NORMATIZAÇÃO

2.1 DEFINIÇÕES

O termo instalações elétricas inclui componentes elétricos que não conduzem corrente, como caixas, condutos e estruturas de suporte; e representa o sistema elétrico físico, que por sua vez designa um circuito ou conjunto de circuitos constituído para determinada finalidade, portanto, compõe-se apenas de elementos condutores de eletricidade. Destaca-se o fato de que ambos os termos (“sistema elétrico” e “instalações elétricas”) são frequentemente abordados como sinônimos por autores e projetistas (COTRIM, 2009).

Segundo Créder (2013), um projeto de instalações elétricas é desmembrado em quatro fases:

1. Memória: descrição da solução do projetista;
2. Plantas, esquemas e detalhes: representação de todos os elementos que serão empregados para a execução do projeto;
3. Especificações: listagem dos materiais a serem empregados e as normas aplicadas;
4. Orçamento: levantamento das quantidades e custo dos materiais e mão-de-obra.

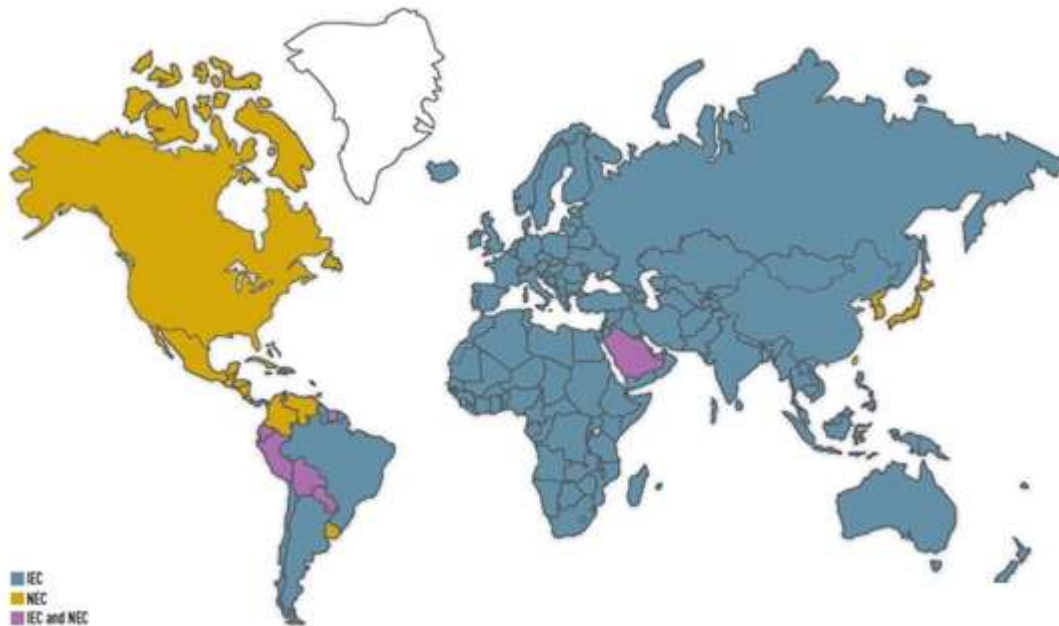
A comparação entre os métodos das Normas Técnicas (NTs) de fornecimento de energia elétrica de tensão secundária em unidades consumidoras individuais das concessionárias brasileiras pronuncia-se mais evidentemente na fase de memória dos projetos de instalações elétricas, para tanto, se procede à previsão das cargas dos equipamentos da unidade, em função da potência total por eles absorvida. No Brasil, a previsão da carga a ser instalada é normatizada através da NBR 5410 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004).

2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO DE EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS: ASPECTOS MUNDIAIS

Normas da International Electrotechnical Commission (IEC) se qualificam como padrões de alcance mundial, sendo aceitas pela Organização Mundial do Comércio (OMC). Desta forma, os órgãos responsáveis pela elaboração de normas técnicas de diversos países se

utilizam de normas IEC como norteadores para a elaboração de seus próprios padrões. A Figura 2.1 mapeia os países de acordo com a utilização de IECs ou normas nacionais (NECs) para instalações elétricas em baixa tensão.

Figura 2.1 - Mapa de tipos de normas utilizadas para instalações em baixa tensão.



Fonte: (LEGRAND, s.d.)

2.2.1 Estados Unidos da América

Dentre os 50 estados deste país, 47 adotam o National Electrical Code (NEC), ou NFPA 70, em suas distintas versões desde 2008 a 2017. Como um padrão de mais de 800 páginas, o NEC é minucioso e apresenta tabelas de fatores de demanda para cargas de iluminação e outros aparelhos distintos, a citar secadoras de roupa, eletrodomésticos típicos de cozinha, aparelhos condicionadores de ar e aquecedores. Para o caso da iluminação, os fatores de demanda também variam de acordo com o tipo de instalação, nas categorias residência, hospitais, hotéis, galpões e outros. Residências compartilhadas por duas famílias ou mais e instalações de construções rurais também apresentam tabelas de fatores de demanda diferenciadas.

O código define também os fatores de correção para o método da ampacidade, fator de temperatura e fator de agrupamento, embora neste segundo fator a norma se distancie do

padrão brasileiro, pois sugere a correção da corrente de projeto somente para calhas com mais de três condutores carregados e define valores em função de um intervalo de número de condutores, não do número de circuitos ou cabos multipolares por eletroduto.

O NEC também define o número de pontos de iluminação e tomadas e suas potências em função da área dos cômodos de residências (dentre outras instalações), além de apresentar os fatores necessários para cálculo pelo método da ampacidade (e queda de tensão) e para dimensionamento do alimentador em função da demanda, porém, não é aceito na totalidade do território estadunidense e os estados que o utilizam como padrão o fazem em versões distintas.

2.2.2 Reino Unido

Popularmente conhecida como *The Regs*, a norma britânica BS 7671 na sua versão de 2008, com adendos em 2015, é aceita em todo o Reino Unido e alguns países como Ciprus, Uganda, Serra Leoa e dentre outros. Como a NBR 5410, seu caráter é voluntário, porém a responsabilidade pela não conformidade recai sobre os projetistas. Vistorias anteriores à ligação do padrão de entrada também são recomendadas, bem como inspeções regulares.

Em termos de previsão de demanda, a norma recomenda que se estime a máxima demanda, definida como o produto da potência instalada por um fator de diversidade. O padrão britânico recomenda que a potência instalada seja mensurada ou através da observação das potências individuais conhecidas dos equipamentos que serão instalados ou pela previsão através da comparação entre o tipo de instalação a ser projetada com instalações similares em tabelas que utilizem o método de watts por metros quadrados. Estas tabelas não se encontram definidas na própria norma, firmas de consultoria e grandes empresas costumam desenvolver seu próprio método e organizações como a CIBSE e a BSRIA publicam guias para previsão da carga ideal de instalações. O fator de diversidade é tabelado na própria BS 7671.

Os métodos recomendados para dimensionamento de condutores também são ampacidade e queda de tensão, com fatores de agrupamento (em função do número de circuitos ou condutores multipolares) e temperatura tabelados na própria norma.

2.2.3 Portugal

As Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT) têm seções baseadas em textos da CENELEC, IEC e VEI. As distribuidoras de energia recomendam sua observação como condição para ligação da unidade consumidora, semelhante ao caso brasileiro.

O projeto da instalação prevê a determinação da potência a alimentar, que pode ou não ser corrigida pelo fator de simultaneidade, definido como a “relação entre o somatório das potências estipuladas dos equipamentos susceptíveis de funcionarem simultaneamente e o somatório das potências estipuladas de todos os equipamentos alimentados pelo mesmo circuito ou pela mesma instalação” (RTIEBT, 2000). Este fator é tabelado pela própria norma para locais de habitação, porém não para as outras instalações a qual esta se aplica. Neste caso, o projetista tem a opção de se utilizar de outros documentos de consulta ou assumir um fator o unitário. Não há uma metodologia para previsão das cargas de iluminação e força.

Os métodos mais recomendados para seleção de condutores são, novamente, o da queda de tensão e da ampacidade. A corrente de serviço é corrigida pelos fatores de utilização e de simultaneidade e são definidos e tabelados diversos códigos para influências externas que auxiliam no cálculo da corrente admissível dos condutores, pois definem a temperatura máxima de funcionamento destes em função da instalação, que deve ser inferior à tabelada pela própria norma, de acordo com o tipo de isolamento. Cabe destacar que estes fatores de influências externas não são tabelados pela RTIEBT e recomenda-se consultar a IEC 60287. A corrente de serviço ainda pode ser ponderada pelo fator de agrupamento, desde que a corrente solicitada pelo circuito seja superior a 30% da corrente máxima admissível de seus condutores. As tabelas de fator de agrupamento são apresentadas pela RTIEBT para diversos métodos de instalação. A norma apresenta, também, um critério de seção mínima de condutores.

2.2.4 IEC 60364

Três entre as quatro normas citadas nas seções anteriores utilizam este documento como base para elaboração de seus padrões, bem como as normas de diversos outros países mapeados como IEC na Figura 2.1. Atualmente na versão de 2005, a IEC 60364 possui método para previsão das cargas e pontos de iluminação e força em instalações residenciais,

como visto na NBR 5410, porém sem ser em função de dimensões físicas do cômodo, apenas de seu tipo.

Para o dimensionamento de condutores, os métodos de instalação descritos por este padrão internacional são utilizados por todas as normas citadas anteriormente, exceto a NFPA 70. No caso do método da ampacidade, a corrente deve ser corrigida por fatores de temperatura e agrupamento que são tabelados: estas tabelas foram incorporadas pela NBR 5410 e a BS 7671 em sua totalidade.

Por fim, para que se estime a demanda máxima real, a potência instalada deve ser multiplicada pelo fator de máxima utilização e o fator de coincidência, muitas vezes também denominado fator de diversidade ou simultaneidade. O fator de máxima utilização é aplicado individualmente e geralmente é obtido dos catálogos dos equipamentos. O fator de diversidade é tabelado pela norma em função do número de circuitos, do tipo de circuito ou, no caso de blocos de apartamentos, pelo número de consumidores a jusante da instalação.

Desta forma, dentre as quatro normas nacionais citadas nesta seção, três apresentam em seu próprio texto informações que permitem que se estime a demanda máxima corrigida das instalações, bem como a IEC 60364, e a norma brasileira delega às concessionárias de distribuição de energia a estipulação do fator de demanda para cálculo da demanda máxima, para sua área de concessão. Segundo o site da Abradee, a distribuição de energia elétrica no Brasil atualmente é realizada por cerca de 60 concessionárias distintas, a maioria de iniciativa privada. Embora alguns grupos detenham propriedade sobre mais de uma concessionária, em tese para um único país existem cerca de 60 documentos que regem a estimativa da demanda máxima e cada documento deve ser observado na respectiva região em que cada concessionária atua.

2.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO DE EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS NO BRASIL

2.3.1 NBR 5410 (ABNT, 2004)

A Norma Brasileira (NBR) 5410 “estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens”. Aplica-se às instalações com alimentação em tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada de

frequência inferior a 400 Hz, ou tensão nominal igual ou inferior a 1500 V em corrente contínua (ABNT, 2004, p. 1).

De acordo com Ogassawara e Leal (2015), as normas são voluntárias, ou seja, não possuem caráter obrigatório exceto se estabelecido pelo poder público, porém auxiliam o projetista no cumprimento de suas obrigações e responsabilidades legais. A Resolução Nº 1.002 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), dita que é de responsabilidade dos intervenientes (a citar alguns exemplos: proprietários, contratantes, projetistas, firmas projetistas, concessionários de serviço público e usuários) obedecer às normas brasileiras pertinentes ou providenciar sua anotação de responsabilidade técnica junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), conforme a Lei nº 6.496. Portanto, para garantir a segurança dos usuários, o funcionamento adequado da instalação e o amparo legal dos intervenientes, a NBR 5410 deve ser respeitada em projetos de instalações elétricas. As NTs das concessionárias de distribuição de energia elétrica, no que se refere ao fornecimento de energia para unidades consumidoras individuais, também devem estar em consonância com a NBR 5410.

Baseada na IEC 60364 “Electrical Installations of Buildings”, dentre outras definições, a NBR 5410 dita em parte a previsão da demanda de uma instalação através da definição de cargas mínimas de iluminação e pontos de tomadas em função do tipo e área de cada recinto da instalação. Especificamente para o caso da iluminação, a carga pode ser selecionada através da norma de luminotécnica vigente. Como a última versão da NBR 5410 de 2004 (com errata em 2008), seu corpo cita a NBR 5413, porém em vigor atualmente está a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

Para que se estime a demanda de uma instalação predial, a NBR 5410 ainda prevê como parâmetro obrigatório na documentação da instalação os fatores de demanda, que são aplicados a todas as cargas acima mencionadas e às tomadas de uso especial, porém não são definidos pela norma em questão, mas sim pelas Normas Técnicas (NTs) de cada uma das concessionárias de distribuição de energia.

2.3.2 Normas Técnicas de Distribuição

Tendo em vista o modelo atual de distribuição de energia elétrica não mais centralizado em monopólios estaduais, cada uma das concessionárias de distribuição elabora documentos denominados padrões técnicos ou normas técnicas, tanto para seu uso na

elaboração de projetos de instalações como subestações e redes de distribuição quanto condicionando o fornecimento de energia elétrica às unidades consumidoras à adequação das instalações aos padrões. As unidades consumidoras podem variar de conjuntos habitacionais, edifícios, residências a consumidores com maiores demandas, que podem ser incumbidos da instalação de subestações próprias, com fornecimento em alta tensão por parte da distribuidora. Esta monografia analisa especificamente os padrões técnicos para fornecimento em tensão secundária para edificações individuais, ou seja, excluindo-se conjuntos habitacionais e edifícios.

A Resolução Normativa nº 414 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2010), alerta que a não-conformidade com as normas e os padrões disponibilizados pela distribuidora ou expedidos por órgãos oficiais competentes implica a recusa do recebimento das instalações e da ligação da unidade consumidora, até que sejam atendidos os requisitos.

De uma forma geral, as normas técnicas para fornecimento em tensão secundária para edificações individuais se aplicam a instalações com carga instalada de até 75 kW. Seu objetivo final é, em suma, definir o padrão de entrada das instalações individuais do grupo B¹, para tanto, é necessário estimar a demanda da instalação. Os padrões técnicos descrevem um método em consenso com a NBR 5410 para estimativa da demanda, porém, definem também os fatores de demanda para circuitos de iluminação e TUGs (em função da carga total destas), bem como de aparelhos ligados em TUEs, a citar chuveiros, condicionadores de ar, torneiras elétricas e máquinas de lavar roupa (em função do número de dispositivos semelhantes). O fator de demanda permite estimar a demanda real da instalação, que pode se distanciar da carga instalada devido à utilização em períodos distintos de determinados aparelhos ou circuitos de iluminação e força.

As normas técnicas das concessionárias em questão também apresentam sugestões para a potência de alguns aparelhos de uso corriqueiro nas instalações residenciais e de pequenos comércios. Dessa forma, como cada concessionária tem autonomia para fixação de valores para fatores de demanda, de potência sugerida de aparelhos e materiais empregados no padrão de entrada, desde que em conformidade com as normas técnicas da ABNT e resoluções que se apliquem às instalações, os projetos variam de acordo com a área de concessão a qual pertencem no Brasil.

¹ Grupo B: agrupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos: a) subgrupo B1 – residencial; b) subgrupo B2 – rural; c) subgrupo B3 – demais classes; e d) subgrupo B4 – Iluminação Pública (ANEEL, Resolução Normativa Nº 414, 2010).

3 ASPECTOS CONCEITUAIS E METODOLOGIA

No intuito de estabelecer uma comparação entre as diferentes normas técnicas de concessionárias na região Sudeste do Brasil, foram selecionados sete padrões oficiais que orientam os futuros clientes para adequação de instalações elétricas em tensão secundária para edificações individuais nas áreas de concessão de sete empresas distintas. Denominam-se as concessionárias A, B, C, D, E, F e G. Cabe destacar que estes documentos são de acesso virtual irrestrito. Estas NTs, em conjunto com a NBR 5410, são aplicadas a uma instalação residencial de médio padrão para estimativa de sua demanda. Esta seção trata dos termos e equações fundamentais para o desenvolvimento do estudo de caso.

3.1 DEFINIÇÕES

De acordo com a NBR 5410, ao se determinar a potência de suprimento de uma instalação, além da potência nominal dos aparelhos a serem alimentados deve ser considerada a possibilidade de não simultaneidade de funcionamento destes aparelhos. Desta forma, surgem os conceitos de potência total instalada, demanda e fator de demanda:

- Potência total instalada: somatório da potência nominal dos pontos de tomada, iluminação e outros aparelhos conectados em uma instalação, expressa em watts (potência ativa) ou volt-ampere (potência aparente).
- Demanda: potência ativa média em um determinado intervalo de tempo.
- Fator de demanda: “representa uma porcentagem do quanto das potências previstas serão utilizadas simultaneamente no momento de maior solicitação da instalação” (PRYSMIAN, 2006, p.91).

Portanto, a demanda a ser solicitada para uma instalação se trata do somatório das potências ativas das cargas ponderado pelo fator de demanda, ou demanda máxima. De modo a estabelecer uma previsão da potência instalada, a NBR 5410 descreve um método de previsão das cargas mínimas de iluminação, tomadas de uso geral (TUGs) e tomadas de uso específico (TUEs).

- Tomadas de uso geral: se tratam de tomadas de força destinadas para alimentação de aparelhos portáteis.

- Tomadas de uso específico: são destinadas a ligarem aparelhos estacionários, a citar o chuveiro, condicionadores de ar, máquina de lavar roupas e dentre outros.

3.2 MÉTODO DAS CARGAS MÍNIMAS

Para iluminação, deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor, de modo que:

- A carga mínima é de 100 VA para cômodos de até 6 m² de área;
- Em recintos com mais de 6 m² de área, somar 60 VA aos 100 VA iniciais a cada 4 m² inteiros que ultrapassem os primeiros 6 m².

E para tomadas de uso geral, o número de pontos mínimo e respectivas cargas, em função das dependências da instalação:

- Banheiros: uma tomada junto ao lavatório, de 600 VA;
- Cozinhas, copas, áreas de serviço, copa-cozinha, cozinha-área-de-serviço e locais semelhantes: um ponto a cada 3,5 m (ou fração) do perímetro total, com potencia de 600 VA para cada um dos 3 primeiros pontos e 100 VA para cada um dos pontos adicionais;
- Varandas: um ponto de 100 VA;
- Salas e dormitórios: um ponto a cada 5 m (ou fração) do perímetro total, com 100 VA e espaçados o mais uniformemente possível;
- Demais dependências: um ponto de 100 VA que pode ser localizado a até 0,8 m da entrada do cômodo se sua área for igual ou inferior a 2,25 m², um ponto dentro do cômodo de 100 VA se sua área for superior a 2,25 m² e inferior a 6 m², um ponto de tomada de 100 VA para cada 5 m (ou fração) do perímetro para áreas superiores a 6 m².

Os últimos elementos para previsão da demanda de uma instalação residencial são as tomadas de uso específico: suas potências são atribuídas em função da potência nominal do equipamento que será alimentado pela tomada de corrente. As NTs das concessionárias apresentam sugestões para potência mínima de diversas cargas estacionárias que serão consideradas na atribuição das TUEs no estudo de caso.

Desde que se tenha a previsão da demanda da instalação é possível selecionar o padrão de entrada, que se trata da definição do ramal de entrada, poste e central de medição e

proteção da instalação em função de sua demanda. As concessionárias definem o padrão de entrada em função da demanda de potência ativa da nova ligação, exceto as concessionárias F e G, porém as cargas previstas de acordo com a NBR 5410 estarão em termos da potência aparente. Portanto, primeiramente é necessário obter as potências ativas de TUEs, TUGs e iluminação de acordo com a equação (3.1).

$$P = S \times FP \quad (3.1)$$

Sendo:

P: potência ativa, com unidade de watts (W);

S: potência aparente, com unidade de volt-ampère (VA);

FP: fator de potência, que expressa a razão da potência ativa pela aparente, adimensional.

No caso das TUEs, como são utilizados os valores de potência propostos nas NTs das concessionárias, estes já se encontram descritos em função da potência ativa, porém, para TUGs e iluminação a NBR 5410 não prevê valores de fator de potência, portanto, estes também são retirados dos padrões técnicos das concessionárias.

Obtidos os valores de potência ativa para a carga mínima de iluminação e TUGs para cada dependência da instalação e de TUEs, a demanda estimada da instalação pode ser calculada através da equação (3.2).

$$D = (P_{\text{ilum}} + P_{\text{TUG}}) \times d + \sum (P_{\text{TUE}} \times d) \quad (3.2)$$

Sendo:

P_{ilum} : somatório das potências ativas de todos os pontos de iluminação da instalação, em W;

P_{TUG} : somatório das potências ativas de todos os pontos de TUG da instalação, em W;

P_{TUE} : potência ativa individual de cada carga ligada em TUE, em W;

D: demanda estimada da instalação, em W;

d: fator de demanda (individual para cada uma das TUEs e geral para iluminação e TUGs).

No entanto, é necessário destacar que a concessionária denominada F utiliza um método distinto para previsão da carga das instalações denominado “Método dos Módulos de Demanda”.

3.3 MÉTODO DOS MÓDULOS DE DEMANDA

O Método dos Módulos de Demanda se baseia na aplicação de valores típicos de potência aparente das dependências de uma instalação residencial. Estes valores típicos englobam cargas de uso cotidiano, como chuveiros ou boilers nos banheiros, eletrodomésticos comuns em cozinhas e áreas de serviço, condicionadores de ar (AC) nos quartos e salas, além das cargas de iluminação e TUG. A Tabela 3.1 apresenta os módulos de demanda a serem aplicados em função das dependências da instalação residencial conforme a NT da concessionária F.

Tabela 3.1 - Módulos de demanda em função das dependências da instalação.

Dependência	Potências	Módulo de Demanda (kVA)
Quarto	Iluminação, TUG, AC	1,5
Sala	Iluminação, TUG, AC	1,6
Banheiro	Iluminação, TUG, chuveiro	2,3
Cozinha 1	Iluminação, TUG, eletrodomésticos	1,5
Cozinha 2	Iluminação, TUG, eletrodomésticos	2,1
Área de Serviço	Iluminação, TUG, eletrodomésticos	1,9
Outros*	Iluminação e TUG	0,35

* Garagem, hall, passagem, varanda, banheiro sem chuveiro, lavabo, quarto de empregada, depósito ou área de lazer (AMPLA, Cálculo de Demanda para Medição de Cliente em Baixa Tensão, 2012).

Fonte: elaborado pelo autor

O tipo Cozinha 1 deve ser utilizado para residências com até dois quartos. O somatório de cargas previstas pelo método dos módulos de demanda é ponderado por dois fatores:

- Fator de diversidade entre módulos: expressa a não simultaneidade de funcionamento entre os módulos da instalação. Tem valor 1,4 para residências de 1 quarto e 1,2 para as demais;
- Fator de localização: fator de correção em função do consumo médio do bairro em que a instalação se encontra. É unitário para bairros com alto consumo de energia, numericamente igual a 0,88 para bairros com médio consumo de energia, 0,75 para bairros com baixo consumo de energia e, para baixíssimo consumo de energia, numericamente igual a 0,55.

A NT da concessionária F ainda prevê a instalação das denominadas Potências Especiais, que se tratam de determinados aparelhos de aquecimento (saunas, hidromassagem, fogão ou forno elétrico, aquecedor elétrico ou fritadeira elétrica), motores (hidromassagem, bombas e motores para portão automatizado) e cargas de iluminação especial (quadra esportiva, jardins e decorativa). Estas cargas não têm suas potências ponderadas pelos fatores de diversidade entre módulos ou de localização, mas sim pelo fator de demanda tabelado pela concessionária, de forma que a demanda da instalação pode ser estimada através da equação (3.3).

$$D = \frac{S_{\text{mod}} \times f_l}{d_{\text{mod}}} + \sum (S_{\text{esp}} \times d) \quad (3.3)$$

Sendo:

S_{mod} : somatório dos módulos de demanda, em kVA;

S_{esp} : potência aparente individual das cargas especiais, em VA;

f_l : fator de localização, adimensional;

d_{mod} : fator de diversidade entre módulos, adimensional;

d : fator de demanda individual das cargas especiais, adimensional.

3.4 A IMPORTÂNCIA DA CORREÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA PELO FATOR DE DEMANDA

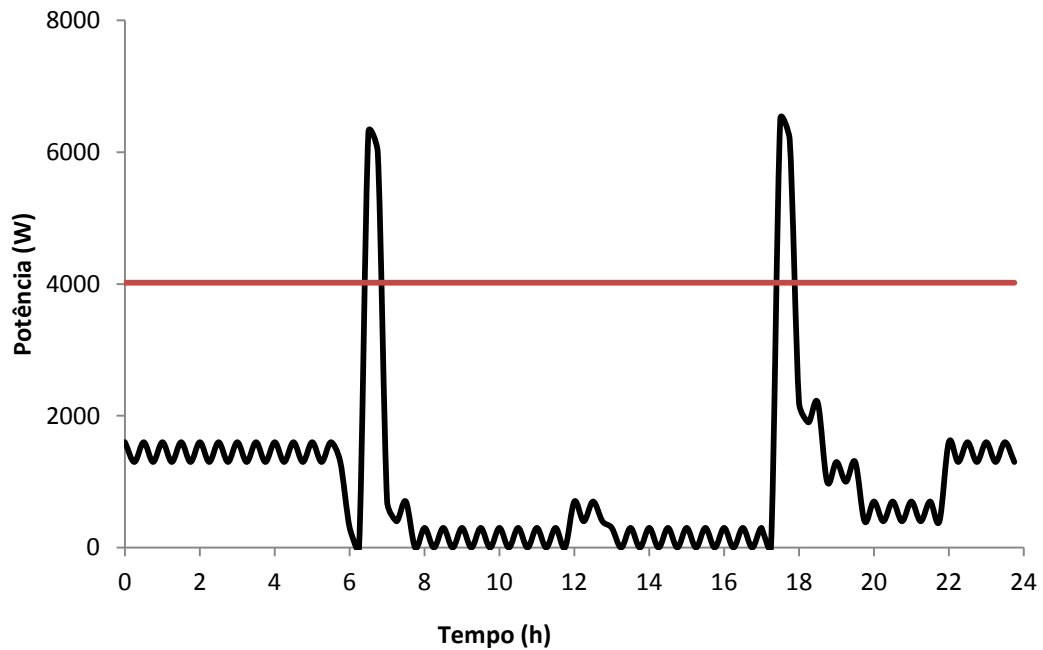
A Figura 3.1 apresenta uma curva de carga aproximada para uma instalação residencial com as seguintes cargas:

- 6 lâmpadas incandescentes de 100 W cada: 600 W de iluminação;
- 1 chuveiro de 5500 W;
- 1 aparelho condicionador de ar de 1300 W;
- 1 lavadora de roupas de 1000 W;
- 1 geladeira de 300 W, com ciclo de funcionamento 15min/15min;
- 2000 W em TUGs.

Desconsidera-se a ação do termostato no funcionamento do condicionador de ar. A soma das potências ativa instaladas resulta em 10.700 W. Pela definição de demanda apresentada na subseção 3.1, considerando o intervalo de tempo de 24 horas, a potência ativa média seria de aproximadamente 4000 W e está representada pela linha paralela aos eixos das

abcissas na Figura 3.1, porém, percebe-se também que a demanda máxima típica é de 6500 W, ultrapassando o valor da demanda por definição. O fator de demanda se trata da divisão da demanda máxima pela carga instalada, portanto, ao aplicá-lo multiplicando a potência instalada, busca-se então determinar a demanda máxima na fase de projeto.

Figura 3.1 - Exemplo de curva de carga de uma instalação residencial.



Fonte: elaborado pelo autor

Evidencia-se, dessa forma, que dimensionar o padrão de entrada da instalação em função da potência ativa média no intervalo de tempo de 24 horas é insuficiente, enquanto dimensioná-lo pela potência instalada irá manter ativos da rede ociosos durante o dia inteiro. No entanto, a definição do padrão de entrada pela demanda máxima não só torna os projetos menos onerosos como é benéfico para o sistema de elétrico em si.

3.4.1 O transformador no Sistema Elétrico

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2015, 64% da oferta interna de energia elétrica no Brasil provém de grandes centrais hidrelétricas e aproximadamente 24,6% de termoeletricas (tendo como combustível carvão, gás natural, nuclear ou gás natural). Desta forma, a geração de energia elétrica do país se localiza distante dos principais centros consumidores, o que gera a necessidade de grandes linhas de transmissão de energia elétrica, devido às dimensões continentais do país. Como a resistência dos cabos é proporcional ao

comprimento das linhas, tomando a equação (3.4), evidencia-se que grandes distâncias associadas a grandes correntes nos condutores resultam em grandes perdas por efeito joule nas linhas.

$$P_{\text{linha}} = R\ell I^2 \quad (3.4)$$

Sendo:

P_{linha} : potência ativa dissipada na linha por efeito joule, em W;

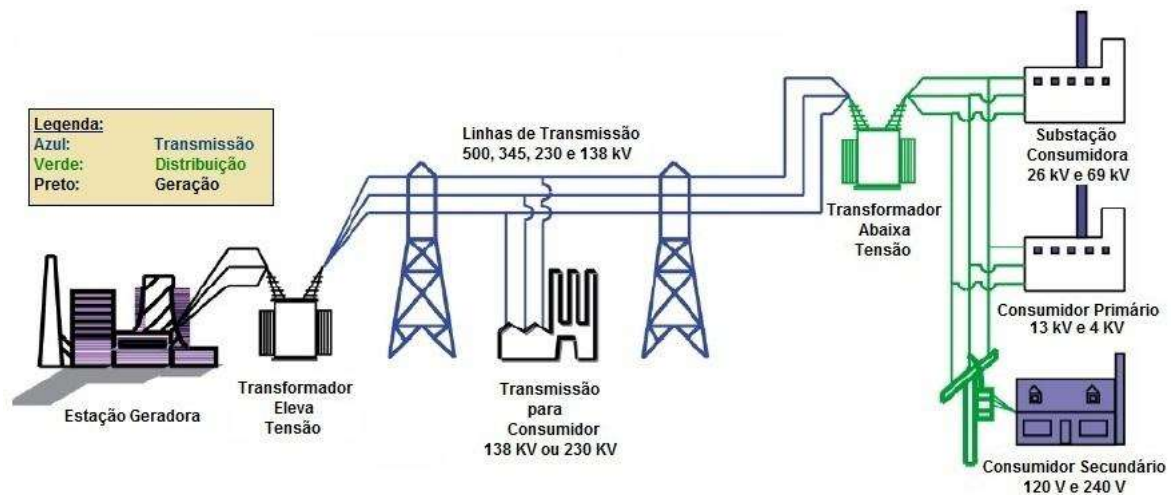
R: resistência típica dos condutores, em Ω/km ;

ℓ : comprimento da linha, em quilômetros;

I: corrente do circuito, em ampères (A).

Reduzir a corrente nas linhas de transmissão significa, portanto, reduzir a perda Joule nos condutores em proporções quadráticas, bem como suas seções. Esta redução da corrente se dá através da elevação da tensão dos geradores (tipicamente da ordem de 13,8 kV a 18 kV) para tensões de transmissão. Para o fornecimento de energia aos consumidores, a tensão deve ser novamente abaixada. A Figura 3.2 apresenta um esquema simplificado do sistema, da estação geradora ao consumidor.

Figura 3.2 - Esquema simplificado do sistema de geração, transmissão e distribuição.



Fonte: (ROSOLEM, 2010)

Os transformadores realizam as elevações e reduções de tensão, porém não são ideais, ou seja, também representam perdas joule e reativas para o sistema, de forma que nem toda a potência no primário de um transformador estará disponível em seu secundário e seu

rendimento é dependente do carregamento e do fator de potência, como evidencia a equação (3.5).

$$\eta = \frac{S_2 \cos\varphi}{S_2 \cos\varphi + P_{Fe} + P_{Cu}} \quad (3.5)$$

Sendo:

η : rendimento do transformador;

S_2 : potência aparente no secundário, em VA;

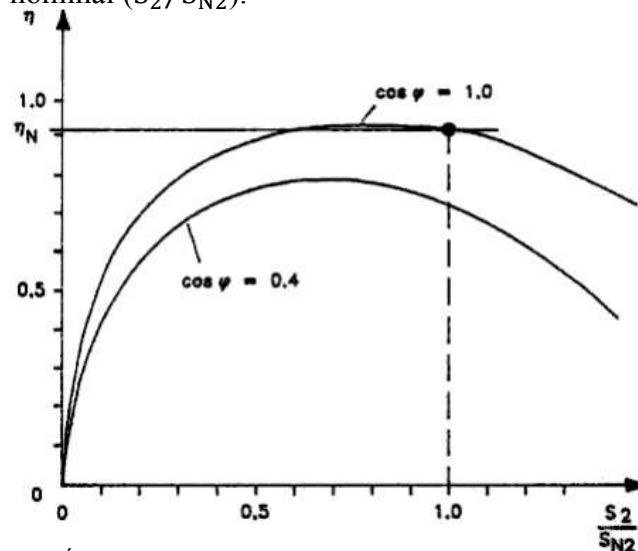
$\cos\varphi$: fator de potência;

P_{Fe} : perdas por histerese no núcleo ferromagnético, em W;

P_{Cu} : perdas por correntes parasitas de Foucault, em W.

Como o fluxo no núcleo é praticamente constante, as perdas no ferro são independentes da carga, porém as perdas nos enrolamentos são proporcionais ao quadrado da corrente, portanto também à carga. Sendo o rendimento calculado em termos da potência ativa, o fator de potência também influencia em seu valor, como ilustra a Figura 3.3.

Figura 3.3 - Rendimento em função do fator de potência ($\cos\varphi$) e do carregamento em relação à potência aparente nominal (S_2/S_{N2}).



Fonte: (INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU, s.d)

É possível verificar que o maior rendimento é obtido com um carregamento próximo de 80% e carga puramente resistiva, do ponto de vista da potência ativa.

O sistema de distribuição possui perdas técnicas, que correspondem às perdas por aquecimento nos condutores, núcleos de transformadores, em dielétricos e dentre outras; e

comerciais, a citar furtos, erros de medição e no processo de faturamento. Segundo relatório da ANEEL, tomando uma média das sete concessionárias de energia selecionadas para o estudo de caso, 13,3% da energia injetada era consumida somente em perdas técnicas no ano de 2015. Transformadores dimensionados em termo da demanda máxima das instalações acarretam, portanto, em redução das perdas técnicas do sistema, pois o rendimento é maximizado em virtude da aproximação da carga ao valor nominal.

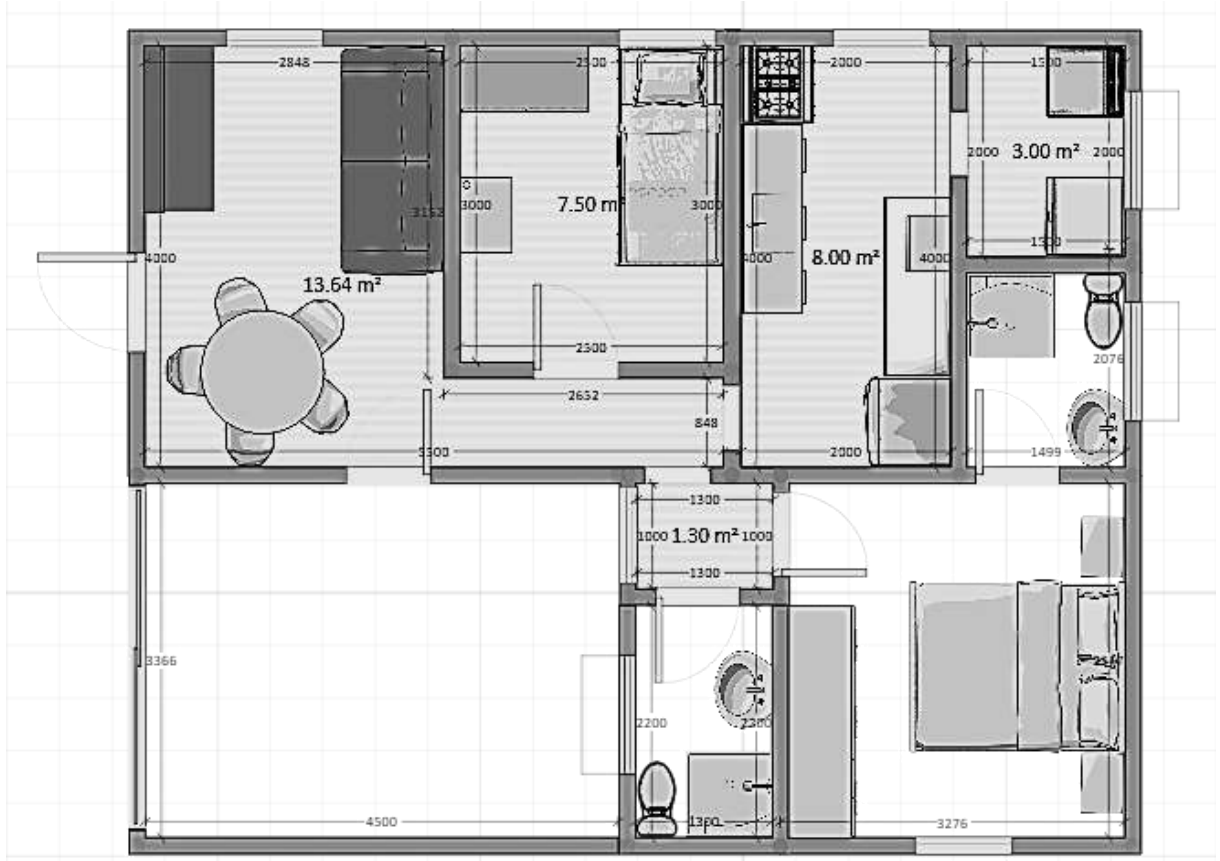
Cabe destacar também que transformadores em sobrecarga apresentam redução da vida útil de seus dielétricos, dessa forma, embora dimensiona-los tendo em vista a definição de demanda como potência média em um intervalo de tempo (mais especificamente, 24 horas) reduza ainda mais as perdas técnicas do sistema, compromete a vida útil dos transformadores.

Diante do exposto, o dimensionamento adequado dos transformadores na rede de distribuição secundária, a qual atende às unidades consumidoras residenciais, também depende da correta determinação das demandas destas unidades consumidoras.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é realizado aplicando-se os métodos descritos na Seção 3 a uma residência com área construída de aproximadamente 65 m², idealizada para o presente trabalho. A planta baixa da instalação é apresentada na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Planta baixa do estudo de caso.



Fonte: (elaborado pelo autor)

As cargas especiais previstas para a instalação são:

- Chuveiro elétrico: duas unidades
- Torneira elétrica: uma unidade
- Condicionador de ar: duas unidades
- Lavadora de roupas: uma unidade
- Secadora de roupas: uma unidade
- Forno de Micro-ondas: uma unidade
- Motor de ¼ cv (para portão automático): uma unidade

4.1 PREVISÃO DA CARGA SEGUNDO O MÉTODO DAS CARGAS MÍNIMAS

Como o dimensionamento da carga e do número de TUGs ou pontos de iluminação é proporcional à área ou perímetro de cada uma das dependências, a Tabela 4.1 especifica tais valores para o estudo de caso.

Tabela 4.1 – Parâmetros dos cômodos.

Dependência	Área (m ²)	Perímetro (m)
Suíte	11,03	13,28
Quarto	7,50	11,00
Sala Conjugada	11,39	13,70
Banheiro Suíte	3,11	7,15
Banheiro Comum	2,86	7,00
Cozinha	8,00	12,00
Área de Serviço	3,00	7,00
Hall	1,30	4,60
Corredor	2,25	7,00
Garagem	15,15	15,73

Fonte: Produção do próprio autor

As cargas previstas para as dependências da instalação, conforme o método da NBR 5410 presente no item 3.2 deste trabalho, são descritas na Tabela 4.2

Tabela 4.2 - Cargas previstas de iluminação e TUG segundo o Método das Cargas Mínimas (continua).

Dependência	Tomadas de 600 VA	Tomadas de 100 VA	Iluminação (VA)
Suíte	0	3	160
Quarto	0	3	100
Sala Conjugada	0	3	160
Banheiro Suíte	1	0	100
Banheiro Comum	1	0	100
Cozinha	3	1	100
Área de Serviço	2	0	100

Tabela 4.2 - Cargas previstas de iluminação e TUG segundo o Método das Cargas Mínimas (conclusão).

Dependência	Tomadas de 600 VA	Tomadas de 100 VA	Iluminação (VA)
Hall	0	1	100
Corredor	0	1	100
Garagem	0	4	220
Total	4200	1600	1240

Fonte: Produção do próprio autor

Para a aplicação do Método das Cargas Mínimas também é necessário estimar as potências das tomadas de uso especial. Os valores indicados na Tabela 4.4 foram retirados novamente das NTs das concessionárias em questão, ou outras fontes a serem citadas.

Tabela 4.4 - Potências estimadas de Tomadas de Uso Especial, valores em watts.

Aparelho	Quantidade	Concessionária						
		A	B	C	D	E	F	G
Chuveiro elétrico (220V)	2	6000	5400	5400	5400	4000	4400	4400
Máquina de Lavar Roupas	1	1500	530 ²	530 ²	530 ²	530 ²	1000	1000
Torneira elétrica	1	2000	3000	3000	3000	3000	2500	2500
Forno de Microondas	1	750	1500	1500	1500	1500	1300	1300
Máquina de Lavar pratos	1	1200	2000	2000	2000	2000	1500	1500
Motor 1/4 cv (portão)	1	390	420	420	420	420	375	660
Secadora de roupas	1	3500	2500	2500	2500	2500	3500	3500
Condicionador de Ar (8500/7500 BTUs)	2	1300	1600	1000 ³	1300	1300	1500	1500

Fonte: Produção do próprio auto

Os últimos elementos pertinentes ao cálculo da demanda máxima pelo método da NBR 5410 são os fatores de potência e de demanda. Novamente, os valores presentes na

² FURLANETTO (2001).

³ MOTA et al (2004).

Tabela 4.5 foram obtidos nas NTs das concessionárias ou, quando as informações não estavam presentes em tais documentos, em outras fontes a serem citadas. Cabe destacar que o Método dos Módulos de Demanda não utiliza nenhum dos dois fatores, portanto a concessionária F não é elencada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Fatores de potência e de demanda.

Concessionárias	Concessionária					
	A	B	C	D	E	G
FP (TUGs)	0,92	1	0,92	1	1	1
FP (Iluminação)	0,92	0,55	0,92 ⁴	0,5	1	1
d (TUGs e Ilum)	0,6	0,4	0,4 ⁵	0,4	0,35	0,35
d (Chuveiros)	0,92	0,9	0,75 ⁵	1	1	0,75
d (AC)	0,92	1	1 ⁵	1	1	1

Fonte: Produção do próprio autor

4.1.1 Cálculo da Demanda Segundo o Método das Cargas Mínimas

A partir dos valores tabelados no item 4.1, procede-se o cálculo da demanda máxima de acordo com o Método das Cargas Mínimas para a concessionária denominada A. As potências ativas de TUGs e iluminação são obtidas através da utilização da equação (3.1).

$$P_{TUG} = S_{TUG} \times FP = (4200 + 1600) \times 0,92 = 5336 \text{ W}$$

$$P_{Ilum} = S_{Ilum} \times FP = 1240 \times 0,92 = 1140,8 \text{ W}$$

Como as cargas das TUEs se encontram tabeladas em watts, aplica-se a equação (3.2) para a determinação da demanda, conforme se observa a seguir. Destaca-se o fator de demanda para duas unidades das TUEs de chuveiros e condicionadores de ar, enquanto as outras cargas especiais não são ponderadas devido à previsão de apenas um aparelho de cada tipo na instalação.

⁴ INMETRO (2010).

⁵ CREDER (2007).

$$\begin{aligned}
D &= (P_{\text{ilum}} + P_{\text{TUG}}) \times d + \sum (P_{\text{TUE}} \times d) = \\
&= (5336 + 1140,8) \times 0,6 + (2 \times 6000 \times 0,92) + \\
&\quad + (2 \times 1300 \times 0,92) + 1500 + 3500 + 2000 + 750 + \\
&\quad + 1200 + 390 = 26658,08 \text{ W}
\end{aligned}$$

Os demais valores de demanda são obtidos para as concessionárias B, C, D, E e G e são apresentados e discutidos na Seção 5.

4.2 PREVISÃO DA CARGA SEGUNDO O MÉTODO DOS MÓDULOS DE DEMANDAS

Este método é utilizado apenas pela concessionária F e independe das áreas das dependências da instalação, dessa forma, a Tabela 4.6 apresenta as demandas dos módulos em função dos tipos de cômodos, de acordo com o procedimento descrito no item 3.3. Destaca-se a escolha da potência para Cozinha de tipo 1, pois o estudo de caso possui apenas dois quartos.

Tabela 4.6 - Carga prevista segundo o Método dos Módulos de Demanda.

Dependência	Demanda do Módulo (VA)
Suíte	1500
Quarto	1500
Sala Conjugada	1600
Banheiro Suíte	2300
Banheiro Comum	2300
Cozinha	1500
Área de Serviço	1900
Hall	350
Corredor	350
Garagem	350
Total	13650

Fonte: Produção do próprio autor

Dentre as cargas especiais previstas pela NT da concessionária F, a instalação do estudo de caso consta de apenas um motor de $\frac{1}{4}$ cv e uma torneira elétrica que, de acordo com o próprio padrão da concessionária, terão potências estimadas em 375 VA e 2500 VA, respectivamente.

O estudo de caso se encontra na condição de residências com dois ou mais quartos, portanto, o fator de diversidade entre módulos é numericamente igual a 1,2. Como as cargas especiais são todas unitárias, não há fator de demanda a ser aplicado, logo o último elemento a ser determinado para o procedimento do cálculo da demanda é o fator de localização: toma-se, por exemplo, um bairro com médio consumo de energia, assim sendo, o fator de localização é de 0,88.

A demanda do estudo de caso, hipoteticamente na área de concessão F, é calculada através da equação (3.3), que, desenvolvendo, resulta em:

$$D = \frac{S_{\text{mod}} \times f_1}{d_{\text{mod}}} + \sum (S_{\text{esp}} \times d) = \frac{13650 \times 0,88}{1,2} + 375 + 2500 = 12885 \text{ VA}$$

5 RESULTADOS

Uma vez obtidos os valores das demandas máximas estimadas de acordo com as NTs das concessionárias, é possível avaliar o impacto dos métodos e valores numéricos de fatores distintos adotados pelas mesmas. A Tabela 5.1 apresenta as demandas calculadas para as concessionárias A, B, C, D, E e G segundo o item 4.1 (Método das Cargas Mínimas) e de acordo com o item 4.2 (Método dos Módulos de Demanda) para a concessionária F.

Tabela 5.1 - Demanda máxima estimada para as sete concessionárias.

Concessionária	Demanda Máxima (W)
A	26658,1
B	25462,8
C	22640,7
D	23350,0
E	23014,0
F	12885,0
G	22524,0

Fonte: (elaborado pelo autor)

Estes valores descritos (Tabela 5.1) permitem, por sua vez, selecionar o padrão de entrada da ligação, o que possibilita realizar uma análise econômica. Procede-se também o desenvolvimento de uma hipótese quanto ao carregamento dos transformadores das concessionárias que atendam a áreas estritamente residenciais com instalações idênticas à do estudo de caso, no que se refere à demanda, com a finalidade de avaliar o impacto nas perdas técnicas causado pelas diferenças nas NTs das concessionárias.

5.1 PADRÃO DE ENTRADA

O padrão de entrada das instalações é a estrutura que permite a ligação da unidade consumidora à rede da concessionária, a citar poste ou pontalete particular, caixas, aterramento, dispositivos de proteção, ramal de entrada e ferragens. O padrão de entrada é de responsabilidade do cliente e as NTs das concessionárias definem valores nominais adequados em função de faixas de demandas calculadas para as instalações.

Para a análise econômica da instalação, são considerados os equipamentos:

- Dispositivo de proteção: disjuntor termomagnético;
- Cabos: condutores para as fases e o neutro (quando especificado pela concessionária) e condutor de proteção;
- Poste: de concreto, duplo T, altura especificada sempre para padrão de entrada na calçada oposta ao ponto de ligação com a rede de distribuição, exceto para concessionária B, cuja altura do poste foi selecionada pelo valor mínimo.

Quanto ao tipo de fornecimento, **para efeitos de comparação, foi selecionado o padrão trifásico**, em virtude da NT da concessionária denominada A prever padrão bifásico apenas para consumidores com demanda inferior a 10 kW, para a NT da concessionária F as cargas entre 10 kW e 15 kW serem atendidas em padrão bifásico somente em eletrificação rural e devido aos elevados valores nominais de disjuntores e condutores obtidos para fornecimento bifásico no caso das concessionárias B e C.

A Tabela 5.2 descreve os valores nominais de corrente de disjuntores, seção de condutores de fase, neutro e proteção e resistência e altura de postes de concreto, selecionados em função da demanda estimada para as sete concessionárias.

Tabela 5.2 - Padrão de entrada por concessionária.

	Concessionária						
	A	B	C	D	E	F	G
Corrente Disjuntor (A)	70	80	63	40	40	40	70
Seção Fase e Neutro (mm ²)	25	25	16	10	10	10	25
Seção Proteção (mm ²)	16	16	16	10	10	16	16
Resistência do poste (daN)	75	200	100	90	90	150	100
Altura do poste (m)	7,0	7,5	7,0	7,5	7,5	7,0	7,5

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para a elaboração de uma tabela de preços que possibilite comparar o valor total da instalação do padrão de entrada por concessionária são definidas ainda características em virtude do tipo de fornecimento ou comparação mais adequada: condutores em cobre flexível (classes 4 ou 5), isolamento 450/750 V com isolamento em PVC 70 °C; disjuntores termomagnéticos tripolares (padrão DIN/IEC ou NEMA) e postes padrão duplo T (DT).

As tabelas de 5.3 a 5.9 foram elaboradas consultando-se tabelas oficiais de preço com desoneração, portanto passíveis de recolhimento de cerca de 1% a 2% da receita bruta de

empresas para contribuições previdenciárias. As tabelas consultadas pertencem aos órgãos Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), cujo código “C” indica preço coletado pelo IBGE e “CR” obtido pelo coeficiente de representatividade do insumo; e à Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas (SETOP). Também foi consultada a tabela de preços de um fabricante de postes.

O preço do poste padrão de 75 daN não é descrito em nenhuma das planilhas oficiais nem na tabela do fabricante consultado. Admite-se o insumo “Poste para Entrada de Energia”, presente na planilha de custos oficial do estado ao qual pertence a concessionária A (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária A.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo NEMA, tripolar 60 até 100 A, tensão máxima de 415 V	UN	SINAPI - CR	106,21
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 16 mm ²	m	SINAPI - C	5,29
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 25 mm ²	m	SINAPI - CR	9,49
Poste para Entrada de Energia	UN	SETOP	558,13

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 5.4 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária B.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor termomagnético, tripolar 220/380 V, corrente de 60 A até 100 A	UN	CPOS	95,49
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 16 mm ²	m	SINAPI - C	6,26
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 25 mm ²	m	SINAPI - CR	10,04
Poste de concreto duplo T, 200 daN, H = 7,50 m	UN	CPOS	650,92

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 5.5 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária C.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo DIN/IEC, tripolar 63 A	UN	SINAPI - CR	69,43
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 16 mm ²	m	SINAPI - C	6,11
Poste de concreto duplo T, tipo D, 100 daN, H = 7 m	UN	SINAPI - CR	240,99

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 5.6 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária D.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo DIN/IEC, tripolar de 10 a 50 A	UN	SINAPI - CR	51,67
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 10 mm ²	m	SINAPI - CR	4,06
Poste de concreto duplo T, 90 daN, H = 7,5 m	UN	CPOS	547,19

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 5.7 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária E.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo DIN/IEC, tripolar de 10 a 50 A	UN	SINAPI - CR	51,67
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 10 mm ²	m	SINAPI - CR	4,06
Poste de concreto duplo T, 90 daN, H = 7,5 m	UN	CPOS	547,19

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 5.8 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária F (continua).

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo DIN/IEC, tripolar de 10 a 50 A	UN	SINAPI - CR	59,37
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 10 mm ²	m	SINAPI - CR	4,07

Tabela 5.8 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária F (conclusão).

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 16 mm ² .	m	SINAPI - C	7,25
Poste de concreto duplo T, 150 daN, H = 8 m	UN	FABRICANTE*	372,00

*Fabricante de postes Indaial

Fonte: (elaborado pelo autor)

Destaca-se que o preço unitário do poste DT 150/8 na Tabela 5.8 foi consultado em um fabricante, pois as planilhas oficiais constavam apenas de postes de 150 daN a partir de 10,0 m de comprimento. O poste em questão deve ser engastado mais 50 cm no chão, pois é 50 cm maior que o previsto pela NT da concessionária.

Tabela 5.9 - Tabela de preços para a instalação do padrão de entrada da concessionária G.

Descrição	Unidade	Origem	Preço (R\$)
Disjuntor tipo DIN/IEC, tripolar de 60 a 100 A	UN	SINAPI - CR	103,56
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 16 mm ²	m	SINAPI - C	7,25
Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/A, antichama BWF-B, 1 condutor, 450/750 V, seção nominal 25 mm ²	m	SINAPI - CR	11,63
Poste de concreto duplo T, tipo D, 100 daN, H = 7 m	UN	SINAPI - CR	354,13

Fonte: (elaborado pelo autor)

As planilhas oficiais consultadas da SINAPI correspondem às versões de setembro de 2017 e são selecionados de acordo com o estado em que se localiza cada concessionária, para a SETOP, consultou-se a versão de julho de 2017; no caso da CPOS, a edição 170.

Embora nas tabelas anteriores constem os preços dos condutores, como estes são admitidos por metro de cabo e não há como prever a distância do ramal de entrada ao quadro geral de distribuição, estes valores ficarão a título de comparação de coeficientes. Portanto, utiliza-se somente a soma dos preços do poste e do disjuntor para a comparação econômica pelo padrão de entrada da instalação, selecionado de acordo com as NTs das

concessionárias. A Tabela 5.10 apresenta a somatória do conjunto poste e disjuntor para cada concessionária.

Tabela 5.10 - Somatório do valor do conjunto poste/disjuntor no padrão de entrada por concessionária.

Concessionária	Preço do padrão de entrada - poste e disjuntor (R\$)
A	664,34
B	746,41
C	310,42
D	598,86
E	598,86
F	431,37
G	457,69

Fonte: (elaborado pelo autor)

É evidente a influencia do método de cálculo e dos valores de fatores propostos pelas NTs das concessionárias no custo final da instalação, salvo parâmetros externos como políticas fiscais, a citar o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS): embora a demanda calculada para a concessionária F tenha sido inferior a calculada de acordo com a concessionária C, em abril de 2017 o ICMS para circulação interna no estado em que se localiza a concessionária C era de 17%, enquanto que para o estado ao qual pertence a concessionária F, era de 19%, segundo o Jornal Contábil. Existem ainda políticas de preços praticadas por fornecedores de cada estado cuja influência não pode ser mensurada pelo dimensionamento do padrão de entrada.

5.2 O IMPACTO DO CÁLCULO DA DEMANDA NAS PERDAS TÉCNICAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (AEEE) de 2016, o setor residencial brasileiro se trata do segundo maior consumidor de energia elétrica no Brasil, representando cerca de 28,8% do consumo de energia elétrica do país, atrás apenas do setor industrial, portanto presume-se que os métodos de cálculo empregados para previsão de

demanda em instalações residenciais possam influenciar em índices fundamentais para o sistema de distribuição.

O item 3.4.1 do presente trabalho discorreu brevemente sobre as perdas técnicas das redes de distribuição de energia elétrica, com ênfase para a perda no núcleo dos transformadores e sua relação com o carregamento das máquinas. Desenvolve-se agora uma análise do carregamento de transformadores que porventura suprissem um determinado número de unidades semelhantes ao estudo de caso, de acordo com a seguinte hipótese:

1. O dimensionamento de transformadores toma como valor de referência a própria demanda calculada segundo a NT de cada uma das concessionárias, ponderado pelo fator de simultaneidade, que expressa quantas unidades estarão com esta demanda ao mesmo tempo;
2. Assume-se que a demanda real é numericamente igual à média entre as sete demandas teóricas calculadas pelos métodos das concessionárias e o fator de simultaneidade real será idêntico ao previsto no projeto da rede.

Para esta hipótese simplificada, o carregamento dos transformadores é expresso através da equação (5.1).

$$\frac{S_2}{S_{N2}} = \frac{n \cdot D_{\text{real}} \cdot \text{FP} \cdot f_s}{n \cdot D_{\text{calculada}} \cdot \text{FP} \cdot f_s} = \frac{D_{\text{real}}}{D_{\text{calculada}}} \quad (5.1)$$

Sendo:

$\frac{S_2}{S_{N2}}$: carregamento do transformador;

n: número total de unidades atendidas pelo transformador;

D_{real} : demanda real, numericamente igual à média das demandas calculadas pelas NTs;

$D_{\text{calculada}}$: demanda calculada para cada uma das NTs;

f_s : fator de simultaneidade;

FP: fator de potência.

A demanda real hipotética é expressa, portanto:

$$D_{\text{real}} = \frac{26658,1 + 25462,8 + 22640,7 + 23350 + 23014 + 12885 + 22524}{7}$$

$$D_{\text{real}} = 22362,1 \text{ W}$$

Aplicando o valor assumido para a demanda real e a demanda calculada para a concessionária A na equação (5.1), obtém-se o carregamento hipotético de transformadores em áreas exclusivamente residenciais na região de concessão desta concessionária:

$$\frac{S_2}{S_{N2}} = \frac{D_{\text{real}}}{D_{\text{calculada}}} = \frac{22362,1}{26658,1} = 0,84$$

O carregamento hipotético dos transformadores das demais concessionárias é calculado seguindo a mesma metodologia, mediante a alteração do denominador, e é apresentado na Tabela 5.11.

As perdas técnicas são calculadas mensalmente e apuradas anualmente segundo o Módulo 7 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), porém, para uma melhor análise da influencia da hipótese de carregamento dos transformadores de áreas residenciais é necessário estimar a porcentagem da energia gerada que é consumida pelo setor residencial nas áreas de concessão. Tal informação é retirada dos Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição da ANEEL, tomando como base a totalidade do ano de 2016. A Tabela 5.11 apresenta os valores de perda técnica de distribuição no ano de 2016 e participação do setor residencial no consumo de energia elétrica no mesmo ano, retirados do site da ANEEL, e o carregamento hipotético dos transformadores.

Tabela 5.11 - Perdas técnicas apuradas para o ano de 2016, participação do setor residencial no consumo de energia elétrica em 2016 e carregamento estimado dos transformadores por concessionária.

Concessionária	Perdas técnicas (2016)	Participação residencial (2016)	S_2/S_{N2}
A	7,84%	38,31%	0,84
B	4,55%	41,69%	0,88
C	7,14%	36,71%	0,99
D	6,20%	42,38%	0,96
E	5,19%	37,76%	0,97
F	8,18%	52,33%	1,73
G	6,34%	42,83%	0,99

Fonte: (elaborado pelo autor)

Em primeira instância, destacam-se as concessionárias com maior (F) e menor (B) perda técnica: o carregamento hipotético dos transformadores da concessionária B está próximo do valor teórico para maior rendimento (80%), considerando uma carga puramente resistiva; enquanto no caso da concessionária F é o carregamento mais distante do ponto ótimo em termos de rendimento, o que é ratificado pela maior perda técnica dentre as concessionárias analisadas.

As concessionárias G e C possuem carregamento calculado numericamente igual, salvo aproximações, porém a perda técnica é distinta: ao se analisar a participação do setor residencial para ambas as concessionárias, a hipótese mostra-se mais representativa para a concessionária G, que possui cerca de 6% a mais de participação residencial no consumo. O mesmo é observado para as concessionárias D e E, que possuem carregamentos hipotéticos bem próximos. As perdas das concessionárias C, D, E e G são superiores às da concessionária B, bem como os carregamentos.

Comparando-se as perdas e o carregamento das concessionárias A e B percebe-se uma inversão no previsto pela hipótese: embora o carregamento calculado seja mais próximo do valor ótimo para a concessionária A, suas perdas são maiores que as da concessionária B: semelhante à comparação entre as concessionárias G e C e D e E, o setor residencial é menos representativo na rede de distribuição da concessionária A.

As divergências causadas na análise das concessionárias, para as quais se foi considerada a participação do setor residencial, são oriundas das perdas técnicas que são associadas tanto a outros setores de consumo na rede de distribuição, como industrial, comercial, rural, iluminação pública ou até mesmo consumo próprio da concessionária, como de perdas que não tenham origem no núcleo dos transformadores, como aquecimento dos condutores.

Conclui-se que, apesar de se tratar de uma hipótese deveras simplificada, pois os valores reais utilizados são assumidos e não obtidos empiricamente, é possível associar não só o método de cálculo de demanda das normas técnicas das concessionárias ao carregamento teórico dos transformadores como às perdas técnicas na rede de distribuição. Cabe destacar que o ônus das perdas técnicas calculadas é repassado aos consumidores na Revisão Tarifária Periódica, a cada 4 ou 5 anos (ANEEL, 2015).

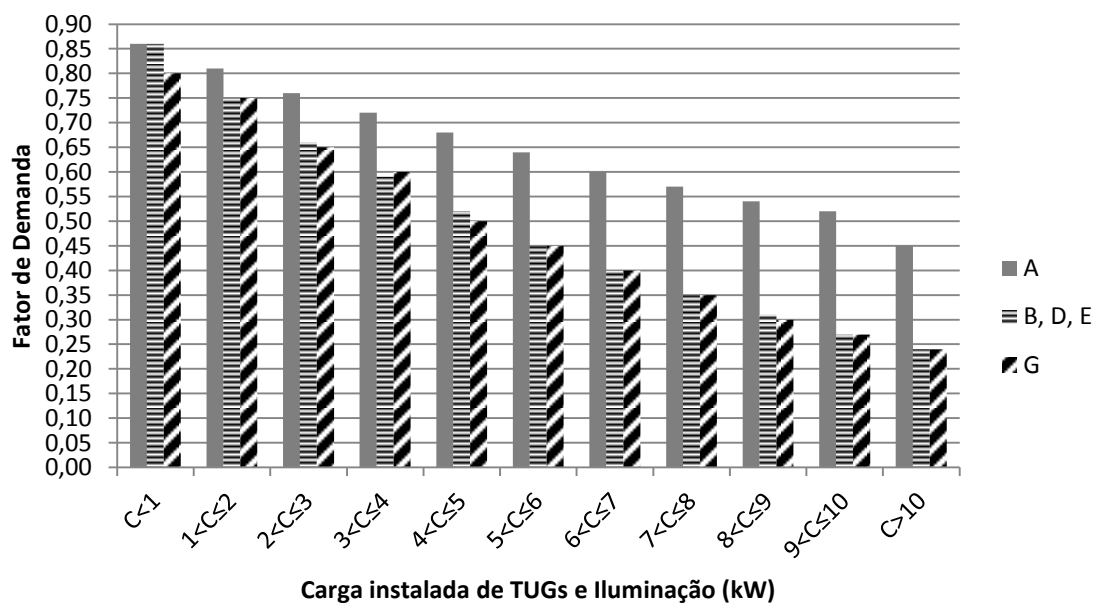
5.3 A EVOLUÇÃO DOS FATORES DE DEMANDA DE TUGs E ILUMINAÇÃO, CONDICIONADORES DE AR E CHUVEIROS ELÉTRICOS

No decorrer deste trabalho, observa-se o efeito das diferenças numéricas e nos métodos de cálculo das NTs das concessionárias na previsão da demanda a ser fornecida para as instalações e seu conseqüente impacto econômico no padrão de entrada e nas perdas técnicas, porém, para uma faixa única de potência instalada, à qual pertencia o estudo de caso. As potências de cargas especiais assumidas pelas NTs permanecem constantes, porém os fatores de demanda se alteram de acordo com a potência instalada e o número de aparelhos de TUEs semelhantes da instalação, dessa forma, a evolução do fator de demanda em função dessas variáveis expressa o aumento ou diminuição das divergências nas demandas calculadas das instalações.

Para a análise do fator de potência em função da carga prevista de TUGs e pontos de iluminação, número de chuveiros e de condicionadores de ar excluem-se as concessionárias C e F: a primeira não apresenta fatores de demanda tabelados em sua NT e a segunda não se utiliza do conceito de fator de demanda em seu método de cálculo.

A Figura 5.1 apresenta os valores admitidos para o fator de demanda de TUGs e iluminação em função da carga total prevista. As concessionárias B, D e E assumem valores idênticos para todas as cargas tabeladas.

Figura 5.1 - Fator de demanda de TUGs e iluminação em função da potência instalada, por concessionária.

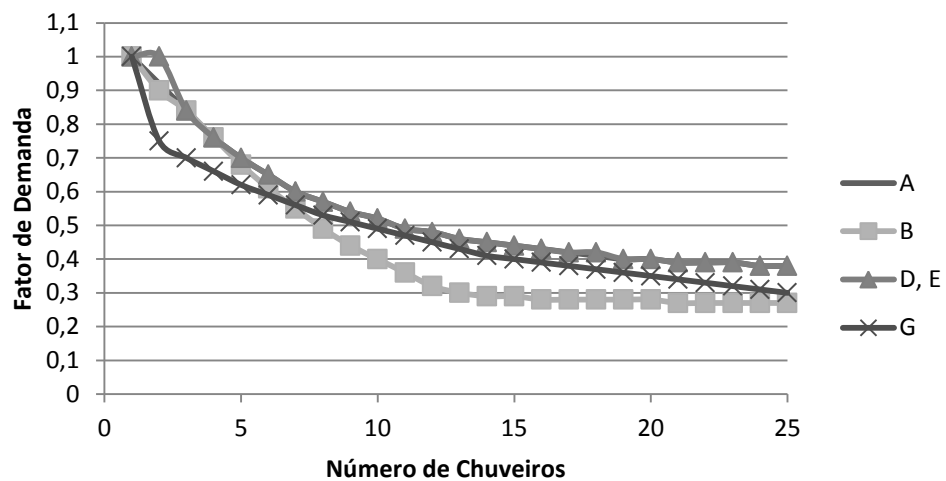


Fonte: (elaborado pelo autor)

A metodologia da concessionária A resulta no maior valor de demanda para o estudo de caso e, considerando-se apenas a demanda de TUGs e iluminação, com o aumento da carga somente tende a ser mais superior à calculada para outras concessionárias.

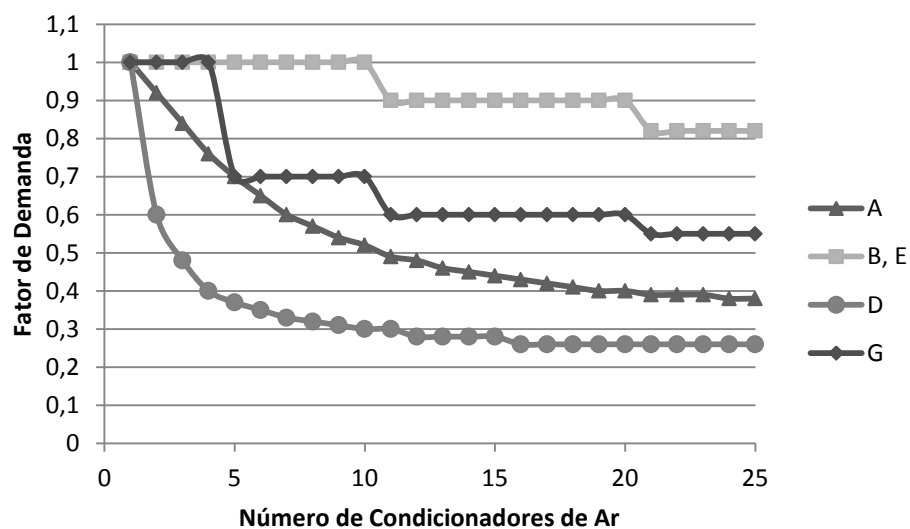
As Figuras 5.2 e 5.3 expõem os valores tabelados segundo as NTs de fatores de demanda para chuveiros e aparelhos condicionadores de ar, respectivamente: para esses, as concessionárias D e E assumem valores numericamente iguais, independente da quantidade; e para aqueles, B e E admitem valores idênticos.

Figura 5.2 - Fator de demanda de chuveiros elétricos em função do número de aparelhos, por concessionária.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Figura 5.3 - Fator de demanda de condicionadores de ar em função do número de aparelhos, por concessionária.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Combinando as Figuras 5.1 e 5.2, mostra-se ainda mais evidente que a concessionária A permanecerá com a demanda calculada superior às outras concessionárias com o aumento da carga, visto que os chuveiros são tipicamente as maiores cargas em instalações residenciais. Dessa forma, quanto maior o padrão da instalação, mais se tornará economicamente viável investir em regiões às quais pertencem as concessionárias B, D, E e G, em detrimento da A.

Os métodos das concessionárias B, D, E e G resultaram em valores de demanda muito semelhantes para o estudo de caso: a demanda para a concessionária B é somente 13% superior a calculada segundo o método da concessionária G, a menor dentre as três restantes, e que por sua vez é inferior em aproximadamente 4% à calculada para D e 2% no caso da concessionária E. Esta semelhança entre as quatro concessionárias é atribuída, novamente, aos fatores de demanda de TUGs e iluminação e chuveiros serem semelhantes, enquanto as divergências se devem ao fator de potência de condicionadores de ar e à potência das cargas especiais assumida pelas NTs, porém, com o aumento do número de chuveiros o fator de demanda ficará inferior para a concessionária B, quanto comparada à D e E. Cabe destacar que o preço do padrão de entrada para a concessionária B, que pertence ao mesmo estado que as concessionárias D e E, portanto está submetida às mesmas políticas fiscais e práticas de precificação; é 24% superior ao de ambas, o que se explica principalmente pela especificação majorada do padrão. Para este horizonte, mostram-se mais viáveis economicamente as instalações nas áreas de concessão D e E, porém, com o aumento do número de chuveiros esta situação poderá se inverter, pela diminuição do fator de demanda para B.

6 CONCLUSÕES

Sendo o Brasil o quinto maior país em extensão territorial, constando de seis domínios morfoclimáticos distintos segundo o geógrafo Aziz Ab'Saber, admite-se que devam existir discrepâncias nas metodologias de previsão de demanda máxima de instalações residenciais, por questões climáticas que influenciam na potência e utilização de aparelhos como chuveiros, condicionadores de ar e máquinas secadoras de roupa; embora países de proporções tão grandes, como os EUA, apresentem métodos únicos aceitos em praticamente toda sua extensão territorial. O que não se mostra tão intuitivo são as divergências apresentadas no desenvolvimento do estudo de caso nas metodologias e resultados obtidos em uma mesma região geográfica, ou até mesmo estados, como o caso das concessionárias B, D e E.

Tomando-se o ponto de vista de um investidor, as áreas de concessão de D e E se mostram mais vantajosas que a área de B, o que é uma comparação admissível, visto que ambas estão sujeitas às mesmas políticas tributárias, enquanto para o caso das concessionárias F e G, que também pertencem ao mesmo estado, não há grande variação de investimento advinda das divergências nas metodologias de cálculo. Em um cenário expandido para toda a região, a área de concessão de C é a mais vantajosa do ponto de vista econômico, enquanto B permanece a mais onerosa. Cabe destacar que, as diferenças dos fatores apresentados somente aumentam com a melhoria do padrão da instalação, sendo maximizadas em instalações de maior porte.

Essas assimetrias nos métodos de cálculo de demanda se refletem nas redes de distribuição: embora o padrão de entrada do estudo de caso seja o mais caro na área da concessionária B, esta também apresenta as menores perdas técnicas, provavelmente em função da melhor otimização do carregamento de transformadores.

Como a previsão da demanda máxima é diretamente proporcional às variações no padrão de entrada, seria profícuo que os fatores utilizados em seu cálculo fossem homogeneizados minimamente em nível de estado ou até mesmo por regiões geográficas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. **Lex**: Diário Oficial da União. Brasília, v. 147, n. 177, p. 115, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de Energia**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/metodologiadistribuicao//asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 18 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tabela de Perdas de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801&idPerfil=4>>. Acesso em: 30 out. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição**. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>>. Acesso em: 30 out. 2017.

ALVARENGA, D. **Construção civil se retrai em 2017 e segura recuperação da economia**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/construcao-civil-se-retrai-em-2017-e-segura-recuperacao-da-economia.ghtml>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Distribuidoras e Origem de Capital**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/distribuidoras-e-origem-de-capital>>. Acesso em: 30 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 209 p.

BRASIL, CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. Resolução nº 1002, de 26 de novembro de 2002. **Lex**: Diário Oficial da União. Brasília, seção 1, p. 359/360, 2002.

BRASIL. Lei nº 6496, de 7 de dezembro de 1977. **Lex**: Diário Oficial da União. Brasília, 1977.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 440p.

COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇOS. **Boletim Referencial de Custos**: tabela de serviços. 170 ed. São Paulo, jul. 2017.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 496p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2016**: ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. 292 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016**: ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. 230 p.

FURLANETTO, C. Fundamentação Teórica. In: _____. **Uma contribuição à determinação de perfil do consumo de Energia elétrica num ambiente residencial**. 2001. f. 40. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/79575>>. Acesso em: 19/09/2017.

INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY. **BS 7671**: Requirements for electrical installations. 17 ed. Londres, 2008. 464 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Portaria n.º 489, de 08 de dezembro de 2010. **Lex**: Diário Oficial da União. Brasília, seção 1, 2010. 96 p.

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VISEU. Escola Superior de Tecnologia. **Determinação do rendimento para a carga** nominal. Viseu, sd. 6 p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60364**: Electrical Installations of Buildings. 5 ed. Genebra, 2005. 93 p.

JORNAL CONTÁBIL. **Tabela ICMS 2017 Atualizada com as Alíquotas dos Estados**. 2017. Disponível em: <<https://www.jornalcontabil.com.br/tabela-icms-2017-atualizada-com-aliquotas-dos-estados/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

LEGRAND.Grupo Legrand. **International electrical standards and regulations**. Limoges, sd.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA - DIRECÇÃO GERAL DA ENERGIA. **RTIEBT**: Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Lisboa, 2000. 735 p.

MOTA, L. T. M.; MOTA, A. de A.; FRANÇA, A. L. M. Modelagem e simulação de cargas residenciais termostáticas para a recomposição do sistema elétrico a partir de uma abordagem orientada de objetos. **Revista Sba: Controle & Automação**, Campinas, v. 15, n. 2, p.202-214, jul. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592004000200009>. Acesso em: 19 set. 2017.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 70**: National Electrical Code. 52 ed. Quincy, 2010. 870 p.

OGASSAWARA, N. J.; LEAL, L. A. B. **Normas técnicas – aplicação opcional ou compulsória?** 2015. Disponível em: <<http://www.pdcaengenharia.com/wp-content/uploads/2015/05/Normas-Tecnicas-Aplicacao-opcional-ou-compulsoria.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2017.

POSTES INDAIAL. **Tabela 0617**. Rio Morto, sd.

PRYSMIAN. Prysmian S.p.A. **Instalações Elétricas Residenciais**. Santo André, 2006. 133 p.

ROSOLEM, V. **Transmissão de Média Tensão**. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABcoUAF/trabalho-escrito-transmissao-media-tensao#>>. Acesso em: 12 set. 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS. **Preços SETOP**: Região Sul com desoneração. Serra Verde, jul. 2017. 173 p.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Preços de Insumos**: com desoneração. São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais. Set. 2017. 147 p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMPLA, AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS S.A. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária.** Niterói, dez. 2011.

AMPLA, AMPLA ENERGIA E SERVIÇOS S.A. **Cálculo de Demanda para Medição de Cliente em Baixa Tensão.** Niterói, dez. 2009.

CEMIG, COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **ND-5.1:** Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais. Belo Horizonte - Minas Gerais, maio 2015.

CPFL. COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED 13.** Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição. Campinas, jul. 2012.

EDP – ES. ENERGIAS DE PORTUGAL – ESPIRITO SANTO. **PT.DT.PDN.03.14.014.** Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária edificações individuais. Vitória, mar. 2016.

EDP. ENERGIAS DE PORTUGAL. **PT.PN.03.24.0001.** Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição - unidade consumidora individual. São Paulo, out. 2012.

ELEKTRO. **ND.10:** Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária a Edificações Individuais. Campinas – São Paulo, abr. 2015.

LIGHT. **RECON – BT:** Regulamentação para fornecimento de energia elétrica a consumidores em Baixa Tensão. Rio de Janeiro, nov. 2016.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais.** Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914p.