

**APLICATIVO PARA CÁLCULO DE DEMANDAS SEGUNDO AS  
NORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTOS  
BÁSICOS**

Michell Viudes Garcia Martins 09/41999  
Paulo Takeo Komatsu 07/57101

ORIENTADOR: MAURO MOURA SEVERINO

**PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**BRASILIA/DF: SETEMBRO - 2013.**

Michell Viudes Garcia Martins 09/41999  
Paulo Takeo Komatsu 07/57101

**Aplicativo para cálculo de demandas segundo as normas de distribuição da  
CEB e dimensionamentos básicos**

Projeto de conclusão de curso de  
Engenharia Elétrica da Universidade de  
Brasília para obtenção do diploma de  
bacharel em Engenharia Elétrica. Área de  
concentração: Instalações Elétricas

**Orientador:** Mauro Moura Severino.

**Brasília/2013**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**APLICATIVO PARA CÁLCULO DE DEMANDAS SEGUNDO AS  
NORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTOS  
BÁSICOS.**

Michell Viudes Garcia Martins 09/41999  
Paulo Takeo Komatsu 07/57101

Projeto de conclusão de curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília para obtenção do diploma de bacharel em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Instalações Elétricas

**APROVADO POR:**

-----  
Prof. Mauro Moura Severino, Dr. ENE/UNB  
(Orientador)

-----  
Prof. Rafael Amaral Shayani  
(Examinador Interno)

-----  
Prof. Jorge Andrés Cormane Angarita  
(Examinador Interno)

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus pais, a minha irmã e os meus familiares por serem fontes inesgotáveis de apoio e inspiração, não só em minha jornada acadêmica, como em todos os aspectos de minha vida.

Deixo também o meu agradecimento aos meus amigos, meus irmãos e irmãs por escolha, por estarem sempre presentes nos momentos de alegrias e também nas horas de tristezas e dificuldades.

Ao nosso orientador, professor Mauro Moura Severino, pela amizade, pela paciência, apoio e críticas, sempre construtivas, que foram fatores de motivação para a melhoria e superação tanto acadêmica, na realização deste trabalho, como pessoal.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica (ENE) da Universidade de Brasília.

E por fim, agradeço a Deus, pela oportunidade de chegar a este momento na plenitude de minha saúde e por toda a felicidade e oportunidades que me têm proporcionado.

Michell Viudes Garcia Martins

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Agradeço aos meus pais, irmãs, minha noiva (Mônica), e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao Professor Mauro, pela paciência na orientação, amizade e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Aos meus amigos e colegas, em especial o Michell, que me ajudou a desenvolver este trabalho, pelo incentivo e apoio constantes.

Paulo Takeo Komatsu

## RESUMO

### **APLICATIVO PARA CÁLCULO DE DEMANDAS SEGUNDO AS NORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DA CEB E DIMENSIONAMENTOS BÁSICOS.**

Um cálculo de demanda bem estimado é fundamental para qualquer projeto elétrico, tanto do ponto de vista econômico quanto da segurança das instalações elétricas. Se for tomado como base um fator de demanda abaixo do necessário, ocorrerá um sub-dimensionamento do circuito considerado, colocando em risco a instalação. Por outro lado, uma demanda acima da necessária leva a um superdimensionamento, que para segurança é bom, porém penaliza o lado econômico.

Este trabalho tem como objetivo aprimorar um aplicativo anterior para cálculo de demanda feito em *Matlab*. Desenvolvido em Microsoft Excel, o aplicativo para Cálculo de Demanda, foi elaborado seguindo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB) – NTD-6.01 - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a Unidades Consumidoras Individuais, NTD-6.07 - Fornecimento em tensão secundária de distribuição a prédios de múltiplas unidades consumidoras, e NTD-6.05- Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição. Além disso, fornece dados de dimensionamentos básicos de cabos elétricos segundo a ABNT NBR 5410- Instalações elétricas de baixa tensão.

Tendo como finalidade o cálculo de demanda, tipo de fornecimento e dimensionamento básico de cabos elétricos para circuitos internos, este aplicativo visa ser intuitivo e de fácil manuseio, proporcionando um aumento da produtividade nos projetos de instalações elétrica. Possui ainda uma grande mobilidade, pois seu tamanho é menor do que outros aplicativos feitos em outras plataformas, e compatibilidade maior, já que é desenvolvido em Excel.

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 3.1 Fluxograma do cálculo de demanda .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3.2 Fluxograma para cálculo de demanda de aparelhos de ar-condicionado .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 4.1 Tela de apresentação do aplicativo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 4.2 Aba para o cálculo de demanda para Unidades Consumidoras Individuais.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4.3 Mensagem de confirmação de dados .....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 4.4. Localização dos cabos a serem dimensionados (antes ou após ramal de entrada)...</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4.5. Dimensionamento para ramal de entrada.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 4.6. Dimensionamento de cabos para circuito interno. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.7 Aba para o cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras. .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.8 Janela para a inserção das cargas de unidades não residenciais de determinado tipo. .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.9 Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.10 Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.11 Dimensionamento para ramal de entrada.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 4.12 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD6.01 .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.13 Cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 4.14 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD6.75 .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 4.15 Cálculo de demanda feito utilizando-se a NTD 6.01 .....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 4.16 Cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 4.17 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD6.05 .....</i>	<i>88</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 Lista de tabelas da NTD 6.01 usadas para o cálculo da demanda.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 3.2 Subdemanda a, utilização do f.p.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3.3. Fatores de conversão para cv .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 3.4 Lista de tabelas da NTD 6.07 usadas para o cálculo da demanda.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 3.5 Lista de tabelas da NTD 6.05 utilizada para o cálculo da demanda .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 3.6 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de aparelhos de ar-condicionado.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 3.7 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de bombas d'água.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 3.8 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de motores.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3.9 Lista de tabelas da NBR 5410 usadas para o dimensionamento básico de cabos....</i>	<i>413</i>

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>AT</b>	Alta Tensão
<b>BT</b>	Baixa Tensão
<b>CEB</b>	Companhia Energética de Brasília
<b>EPR</b>	Borracha etileno-propileno
<b>FD</b>	Fator de Demanda
<b>fp</b>	Fator de potência
<b>Fs</b>	Fator de simultaneidade
<b>Fu</b>	Fator de utilização
<b>Ip</b>	Corrente de projeto
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>NTD</b>	Norma Técnica de Distribuição
<b>PVA</b>	Policloreto de vinila
<b>XLPE</b>	Polietileno reticulado

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

$\eta$  - Rendimento.

$\cos \theta$  - Fator de Potência (fp).

**C** – Carga Instalada.

**W** – Watt.

**A**– Ampère.

**V**–Volt.

**kVA**– quilovolt-ampere.

**TR**– Tonelada de refrigeração

**BTU/h**– *British Thermal Unit per hour*

**hp**– *horse power*

**cv**– cavalo vapor

**S**– Potência Aparente.

**P**– Potência Ativa.

**Q**– Potência Reativa.

**m**–Metro.

**m<sup>2</sup>**–Metro Quadrado.

**mm<sup>2</sup>**–Milímetro Quadrado.

**V/(km × A)**– Volt por quilômetro-ampère

**(K × m)/W**– Kelvin vezes metro por watt

**D**–Demanda.

**Dt**–Demanda Total.

**D1**–Demanda dos Apartamentos.

**D2**–Demanda do Condomínio.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	1
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	2
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	2
<b>2</b>	<b>ASPECTOS GERAIS RELATIVOS À DEMANDA E AO DIMENSIONAMENTO</b>	<b>4</b>
2.1	NORMAS DA CEB	4
2.1.1	NTD 6.01 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA A UNIDADES CONSUMIDORAS INDIVIDUAIS (CEB, 2005)	4
2.1.2	NTD 6.07 - FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO A PRÉDIOS DE MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS (CEB, 2011)	6
2.1.3	NTD 6.05 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO (CEB, 2012)	10
2.2	NORMAS DA ABNT	12
2.2.1	ABNT NBR 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO	12
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>16</b>
3.1	MATERIAIS	16
3.1.1	Normas	16
3.1.1.1	NTD – 6.01	16
3.1.1.2	NTD – 6.05	16
3.1.1.3	NTD – 6.07	16
3.1.1.4	ABNT NBR 5410	17
3.1.2	MICROSOFT Excel	17
3.2	MÉTODOS	18
3.2.1	Cálculo de demandas	18
3.2.1.1	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.01	19
	Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)	20
	Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)	21
	Cálculo da subdemanda c (motores e máquinas de solda do tipo motor gerador)	25
	Cálculo da subdemanda d (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)	27
3.2.1.2	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.07	27
	Prédio de uso coletivo residencial	29
	Cálculo da subdemanda $D_1$ (unidades residenciais)	29
	Cálculo da subdemanda $D_2$ (condomínio)	30
	Prédio de uso coletivo não residencial	31
	Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)	32
	Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)	32
	Cálculo da subdemanda c (motores monofásicos e trifásicos)	33
	Cálculo da subdemanda d (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)	34
	Prédio de uso misto	35
3.2.1.3	Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.05	35
	Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)	37
	Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento)	37
	Cálculo da subdemanda c (aparelhos de ar condicionado)	38
	Cálculo da subdemanda d (bombas d'água)	39

Cálculo da subdemanda e (elevadores) .....	40
Cálculo da subdemanda F (elevadores) .....	40
Cálculo da subdemanda G (outras cargas).....	42
3.2.2 Dimensionamento básico .....	42
3.2.2.1 Dimensionamentos para ramal de entrada .....	42
3.2.2.2 Dimensionamentos para circuitos internos .....	43
Método da Queda de Tensão .....	45
Método Aquecimento .....	46
<b>4 APLICATIVO PRA CÁLCULO DE DEMANDA E DIMENSIONAMENTOS BÁSICOS. ....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 MANUSEIO DO APLICATIVO .....</b>	<b>49</b>
4.1.1 Unidades Consumidoras Individuais (NTD – 6.01) .....	51
4.1.2 Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD – 6.07).....	57
4.1.3 Distribuição em Tensão Primária (NTD – 6.05) .....	59
<b>4.2 EXEMPLOS.....</b>	<b>61</b>
Exemplo1.....	61
Exemplo 2 .....	69
Exemplo 3 .....	79
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>89</b>
<b>5.1 ASPECTOS GERAIS.....</b>	<b>89</b>
<b>5.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES .....</b>	<b>89</b>
<b>5.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>94</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

O cálculo de demanda é fundamental para qualquer projeto de instalações elétricas, é de posse desse resultado que é possível saber o tipo de fornecimento e o quanto deverá ser contratado junto a concessionária. Demanda leva em conta a provável não-simultaneidade na utilização dos equipamentos, e deve ser calculada para cada ponto de distribuição - desde os quadros terminais até o quadro de distribuição geral. Da demanda, obtém-se a corrente de projeto e com isso pode-se proceder para o dimensionamento dos condutores, capaz de permitir sem excessivo aquecimento e com que de tensão predeterminada, a passagem da corrente elétrica. O dimensionamento de condutores é indispensável na construção de qualquer sistema elétrico de potência.

Cada concessionária possui uma forma de calcular a demanda, o critério utilizado neste trabalho foi o da Companhia Energética de Brasília (CEB). Por possuir normas extensas e com muitas tabelas a ideia era desenvolver um aplicativo com o intuito de facilitar o cálculo de demanda. Foi utilizado como base um aplicativo desenvolvido em *Matlab* que abrangia as normas NTD-6.01 e NTD-6.07, onde o objetivo era deixá-lo mais completo.

Porém, a plataforma utilizada, *Matlab*, não contemplava um dos objetivos iniciais do aplicativo que é permitir o uso de maior número de pessoas possível, pois a especificidade de compatibilidade da versão do *Matlab* impossibilitava um acesso mais abrangente. Optou-se então por utilizar o Microsoft Excel, ferramenta muito mais acessível e de fácil utilização. Foi necessário desenvolver o aplicativo nessa nova ferramenta, revisando e, por vezes, modificando os parâmetros utilizados. Foram adicionadas também novas funcionalidades, tais como a utilização da norma NTD-6.05 e dimensionamentos básicos de cabos elétricos pela ABNT NBR 5410.

## **1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Este projeto tem como objetivo desenvolver um aplicativo para cálculo de demanda e dimensionamentos básicos elaborados segundo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB): NTD-6.01, NTD-6.07 e NTD-6.05 e também pela ABNT NBR 5410, sendo intuitivo, didático e facilidade no manuseio, para servir como apoio na consolidação dos conceitos e no método de cálculo de demanda e dimensionamentos básicos de cabos elétricos.

O aplicativo conta com um tutorial, onde é possível acompanhar os passos desenvolvidos para obtenção da demanda, bem como as tabelas que foram consultadas e os valores utilizados, facilitando o desenvolvimento do memorial de cálculos do projeto. Desta forma, o Aplicativo servirá tanto para projetistas quanto para estudantes.

Para o projetista otimizará o tempo gasto na feitura do projeto de instalações elétricas. É também, uma ferramenta muito útil no processo de ensino e aprendizagem, quando o aluno poderá acompanhar o passo a passo do cálculo de demanda e dimensionamentos básicos de cabos elétricos do projeto.

## **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No capítulo 2 é feita uma breve revisão dos pontos principais do trabalho, nele é mostrada a definição de demanda e dimensionamento. Ainda no capítulo 2 serão apresentadas as três normas que devem ser obedecidas segundo a Companhia Energética de Brasília (CEB), a NTD 6.01 de 2005, a NTD 6.07 de 2011 e a NTD 6.05 de 2012, e segundo a norma da ABNT NBR 5410.

No capítulo 3 onde é apresentado a metodologia e os materiais utilizados, é feita uma breve explanação sobre as normas e o Excel, e por fim, por meio de diagrama de blocos explicada a estrutura do aplicativo desenvolvido.

Mais adiante no capítulo 4, foi elaborado um tutorial para utilização do programa. Esse tutorial foi dividido em cinco partes, cálculo de demanda para unidades consumidoras individuais, para

múltiplas unidades consumidoras, distribuição em tensão primária, dimensionamento básicos de cabos elétricos e por último, exemplos práticos de aplicação.

Por fim, no capítulo 5, é feita a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 ASPECTOS GERAIS RELATIVOS À DEMANDA E AO DIMENSIONAMENTO**

Nesse capítulo, será apresentado um resumo das normas da CEB – seus objetivos, definições e determinações de demanda, e campos de aplicação – e da ABNT NBR 5410.

### **2.1 NORMAS DA CEB**

Além dos tópicos que serão abordados, essas normas tratam das responsabilidades do consumidor, responsabilidades da CEB, condições gerais de fornecimento, ramal de ligação, ramal de entrada, localização da entrada de energia, componentes da entrada de energia, medição de energia, proteção das instalações, sistemas de aterramento, cargas potencialmente perturbadoras, documentação da instalação e verificação final e vistoria.

#### **2.1.1 NTD 6.01 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO SECUNDÁRIA A UNIDADES CONSUMIDORAS INDIVIDUAIS (CEB, 2005)**

Nesse subitem será apresentada NTD 6.01 de 2005, em que será explicado os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturado a forma do cálculo da demanda.

##### **Objetivo**

Estabelecer os critérios e os padrões para o fornecimento de energia elétrica e fixar os requisitos mínimos para a construção, reforma ou adequação do padrão de entrada de unidades consumidoras individuais ou agrupadas, até o limite de 6 (seis) unidades, conforme composição dos tipos de fornecimento da Tabela 13, atendidas em tensão secundária de distribuição, localizadas na área de concessão da CEB.

##### **Campo de Aplicação**

Esta NTD aplica-se ao fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição, isto é, às unidades consumidoras com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, localizadas na área de concessão da CEB e observadas as seguintes características adicionais:

a) instalações novas, reformas e ampliações de instalações existentes;

- b) unidades consumidoras individuais com demanda até 65 kVA, conforme limites indicados no item 6.2;
- c) medições agrupadas, com até 6 (seis) unidades consumidoras, conforme composição estabelecida na tabela 13; e
- d) unidades consumidoras existentes, no que couber.

Esta NTD não se aplica a instalações com múltiplas unidades cuja composição das unidades não conste da tabela 13.

### **Determinação da Demanda para Edificações Individuais**

O cálculo da demanda provável da unidade consumidora, necessário para o dimensionamento do padrão de entrada com medição trifásica, é de inteira responsabilidade do consumidor. A CEB sugere que a demanda (D) seja determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Em que:

“a” representa a demanda, em kVA, das potências para iluminação e tomadas, calculada conforme Tabelas 4 e 5;

“b” representa a demanda, em kVA, de todos os aparelhos de aquecimento e condicionamento de ar (chuveiros, aquecedores, fornos fogões, aparelhos individuais de ar-condicionado etc.), calculada conforme Tabelas 2 e 3;

“c” representa a demanda, em kVA, dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor-gerador, de acordo com Tabelas 6 e 7;

“d” representa a demanda, em kVA, das máquinas de solda a transformador e aparelhos de Raios X, conforme indicados a seguir:

- 100% da potência, em kVA, da maior máquina de solda somada à 100% do maior aparelho de Raios X;
- mais 70% da potência, em kVA, da segunda maior máquina de solda somada à 70% do segundo maior aparelho de Raios X;
- mais 50% da potência, em kVA, da terceira maior máquina de solda somada à 50% do terceiro maior aparelho de Raios X;

- mais 30% da potência, em kVA, das demais máquinas de solda e aparelhos de Raios X.

**NOTAS:**

- a) não deve ser computada a potência dos aparelhos de reserva;
- b) as ampliações de carga, previstas ou prováveis, deverão também ser consideradas no cálculo da demanda;

**2.1.2 NTD 6.07 - FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO A PRÉDIOS DE MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS (CEB, 2011)**

Nesse subitem será apresentada NTD 6.07 de 2011, em que será explicado os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturado a forma do cálculo da demanda. Todas as tabelas, referentes a esse subitem, estão relacionadas com a NTD 6.07.

**Objetivo**

Esta norma tem por objetivo estabelecer as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a prédios de múltiplas unidades consumidoras e unidades individuais com demanda mínima de 65 kVA, a partir das redes de distribuição aéreas ou subterrâneas, localizadas na área de concessão da CEB Distribuição.

**Campo de Aplicação**

Fornecimento em prédio com até seis unidades consumidoras que não exigem projeto elétrico, o qual é tratado na NTD 6.01 - Fornecimento em tensão secundária de distribuição – Unidades consumidoras Individuais.

**Determinação da demanda para U.C. com Tipo de Fornecimento “T” e edifícios não Residenciais**

A demanda (D) deve ser determinada pela expressão:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Em que:

“a” representa a demanda, em kVA, das potências para iluminação (inclusive perdas dos reatores) e tomadas, calculada conforme Tabelas 1 e 2;

“b” representa a demanda, em kVA, de todos os aparelhos de aquecimento e condicionamento de ar (chuveiros, aquecedores, fornos fogões, aparelhos individuais de ar-condicionado, etc.), calculada conforme Tabelas 3, 4 e 5;

“c” representa a demanda, em kVA, dos motores elétricos de acordo com a Tabelas 7 ;

“d” representa a demanda, em kVA, das máquinas de solda a transformador e aparelhos de Raios X, conforme indicados a seguir:

100% da potência, em kVA, da maior máquina de solda somada a 100% do maior aparelho de Raios X;

Mais 70% da potência, em kVA, da segunda maior máquina de solda somada a 70% do segundo maior aparelho de Raios X;

Mais 50% da potência, em kVA, da terceira maior máquina de solda somada a 50% do terceiro maior aparelho de Raios X;

Mais 30% da potência, em kVA, das demais máquinas de solda e aparelhos de Raios X.

#### **NOTAS:**

- 1) Não deve ser computada a potência dos aparelhos de reserva.
- 2) As ampliações de cargas, previstas ou prováveis, devem também ser consideradas no cálculo da demanda.

#### **Determinação da demanda em edifícios de uso coletivo residencial**

O dimensionamento entrada de energia das edificações de uso coletivo residencial deve ser feito pela demanda da edificação.

O presente método está de acordo com a **RTD - 27 do CODI**.

$$D_T = D_1 + D_2 \text{ (kVA)}$$

Sendo:  $D1 = (1,2 \times f \times a)$

Em que:

“D1” representa a demanda dos apartamentos residenciais;

“D2” representa a demanda do condomínio;

“a” representa a demanda por apartamento em função de sua área útil – Tabela 12;

“f” representa o fator para diversificação de carga em função do número de apartamentos – Tabela 13.

#### **NOTAS:**

3) RTD - Recomendação Técnica de Distribuição do Comitê de Distribuição. O texto completo desta RTD está disponível aos interessados na CEB.

4) Fica a critério do projetista a adoção do Fator 1,2 ou outro, em função das características de cargas específicas de cada edifício, uma vez que o cálculo da demanda é de sua inteira responsabilidade.

Determinação da demanda total do edifício para o cálculo da demanda total do edifício, deve ser feito tratamento independente da demanda correspondente aos apartamentos e da demanda do condomínio, sendo a demanda total determinada pela soma dessas duas demandas.

Demanda dos apartamentos:

O cálculo da demanda dos apartamentos é feito pela aplicação da Tabela 12 que determina a demanda em kVA de um apartamento em função de sua área útil e em seguida a Tabela 13 que estabelece a demanda total dos apartamentos considerando os fatores de diversidade em função da quantidade de apartamentos.

A Tabela 12 é aplicável na determinação da demanda de apartamentos com área útil de até 400 m<sup>2</sup>. Para apartamentos com área superior, deve ser feito o cálculo através da fórmula:

$$Y = 0,034939 \cdot X^{0,895075}$$

Em que:

“Y” representa a demanda do apartamento em kVA; e

“X” representa a área útil em m<sup>2</sup> do apartamento.

**NOTAS:**

- 1) O critério é aplicado à área útil do apartamento, não devendo ser consideradas áreas de garagem e outras áreas comuns dos edifícios, normalmente incluídos nas áreas dos apartamentos.
- 2) Edifícios com apartamentos de diferentes áreas, por exemplo, um edifício com 70 apartamentos sendo, 20 apartamentos com área útil de 90 m<sup>2</sup>, 20 apartamentos com área de 100 m<sup>2</sup> e 30 apartamentos com área útil de 110 m<sup>2</sup>, deverá ser considerado como um edifício com 70 apartamentos de 101 m<sup>2</sup>. Neste caso, o valor encontrado foi através de média ponderada.

b) Demanda do condomínio:

A demanda do condomínio é calculada pelos seguintes critérios:

Para cargas de iluminação:

100% para os primeiros 10 kVA; e 25% para os demais.

Para as cargas de tomadas:

20% da carga total.

Para os motores:

Aplicação das Tabelas 6, 7, 8 e 9 para cada tipo de motor existente na instalação.

No cálculo das cargas do condomínio, devem ser considerados os fatores de potência de cada uma dessas cargas.

Outras cargas eventualmente encontradas em condomínio, como motores para piscinas, saunas, centrais de refrigeração ou de aquecimento, devem ser tratadas do mesmo modo, individualmente, aplicando-se o fator de demanda 1 às mesmas.

## **Determinação da Demanda em Edificações de Uso Misto**

A demanda da parte residencial e do condomínio, existentes nestas edificações, é calculada conforme o item 2.2.3. A demanda das outras unidades consumidoras coletivas não residenciais, existentes nestas edificações, é calculada conforme o 2.2.2.

### **2.1.3 NTD 6.05 - FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO (CEB, 2012)**

Nesse subitem será apresentada NTD 6.05 de 2012, em que será explicado os objetivos da norma, tanto como seu campo de aplicação, e como é estruturado a forma do cálculo da demanda.

#### **Objetivo**

Esta norma tem por objetivo estabelecer as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica em tensão primária a unidades consumidoras individuais, a partir das redes de distribuição aéreas ou subterrâneas localizadas na área de concessão da CEB Distribuição, bem como fixar os requisitos técnicos mínimos para as entradas de energia dessas edificações.

#### **Campo de Aplicação**

Esta norma aplica-se ao fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição na frequência de 60 Hz, às instalações novas ou a reformar, com carga instalada superior a 75 kW e demanda contratada, ou estimada pelo interessado, igual ou inferior a 2500 kW. Acima deste limite, é necessário consulta prévia a Empresa.

Aplica-se ainda às instalações com carga instalada igual ou inferior a 75 kW, que possuem equipamentos cujo funcionamento provoque perturbações na rede se alimentados em tensão secundária de distribuição

As instalações tratada nesta norma podem ter caráter permanente ou provisório, com fornecimento de energia elétrica a qualquer classe de unidade consumidora.

### Determinação da demanda

O projetista deve apresentar o memorial descritivo com o demonstrativo do cálculo da demanda efetiva para instalação. Como sugestão a CEB apresenta a metodologia seguinte, podendo, no entanto, ser utilizada outra fórmula de cálculo, desde que devidamente demonstrada e justificada.

$$D = \left( \frac{0,77a}{f.p.} + 0,7b + 0,95c + 0,59e + 1,2e + F + G \right) kVA$$

#### Onde:

- D = Demanda da instalação em kVA;
- a = Demanda das potências, em kW, para iluminação e tomadas de uso geral (ventiladores, máquinas de calcular, televisão, som etc).
- f.p. = Fator de potência da instalação de iluminação e tomadas. Seu valor é determinado em função do tipo de iluminação e reatores utilizados.
- b = Demanda de todos os aparelhos de aquecimento em kVA (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões etc).
- c = Demanda de todos os aparelhos de ar condicionado, em kW.
- d = Potência nominal, em kW, das bombas d'água do sistema de serviço da instalação (não considerar bomba de reserva).
- e = Demanda de todos os elevadores, em kW.
- F = Somatório da potência nominal dos demais motores, em cv.

O valor de F deve ser determinado pela expressão:

$$F = \sum (0,87P_{nm} \times F_u) \times F_s$$

#### Onde:

- P<sub>nm</sub> = Potência nominal dos motores em cv utilizados em processo industrial.
- F<sub>u</sub> = Fator de utilização dos motores.
- F<sub>s</sub> = Fator de simultaneidade dos motores.
- G = Outras cargas não relacionadas, em kVA – neste caso o projetista deve estipular o fator de demanda característica das mesmas.

## **NOTAS:**

- Nas instalações cujos motores operem com alto índice de simultaneidade, podem ser adotados outros valores de  $F_s$ .
- Para o dimensionamento da potência do transformador, é admitido um valor de até 30% superior à demanda calculada segundo a fórmula apresentada. Percentuais superiores devem ser plenamente justificados.
- Os condutores e a proteção geral na baixa tensão devem ser dimensionados em função da potência do transformador.

## **2.2 NORMAS DA ABNT**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais Temporárias (ABNT/CEET), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A ABNT NBR 5410 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03), pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (CE – 03:064.01). Esta norma será abordada, pois ela foi utilizada para realizar a parte de dimensionamento de cabos elétricos do aplicativo.

### **2.2.1 ABNT NBR 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO**

Nesse subitem será apresentada ABNT NBR 5410 de 2004, em que será explicado os objetivos da norma. Esta norma trata de:

- princípios fundamentais;
- proteção contra choques elétricos;
- proteção contra efeitos térmicos;

- proteção contra sobrecorrentes;
- circulação de correntes de falta;
- proteção contra sobretensões;
- serviços de segurança;
- desligamento de emergência;
- seccionamento;
- independência da instalação elétrica;
- acessibilidade dos componentes;
- seleção dos componentes;
- prevenção de efeitos danosos ou indesejados;
- instalação dos componentes;
- verificação da instalação; e
- qualificação profissional.

### **Objetivo**

Esta norma 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.

Esta norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

Esta norma aplica-se também às instalações elétricas:

- a) em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações;
- b) de reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas; e
- c) de canteiro de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

Esta norma aplica-se:

- a) aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua;
- b) aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas e descarga, precipitadores eletrostáticos ,etc.);
- c) a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e
- d) às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

NOTA A aplicação às linhas de sinal concentra-se na prevenção dos riscos decorrentes das influências mútuas entre essas linhas e as demais linhas elétricas da instalação, sobretudo sob os pontos de vista da segurança contra choques elétricos, da segurança contra incêndios e efeitos térmicos prejudiciais e da compatibilidade eletromagnética.

Esta norma aplica-se às instalações novas e a reformas em instalações existentes.

NOTA Modificações destinadas a, por exemplo, acomodar novos equipamentos elétricos, inclusive de sinal, ou substituir equipamentos existentes, não caracterizam necessariamente uma reforma geral da instalação.

Esta Norma não se aplica a:

- a) instalações de tração elétrica;
- b) instalações elétricas de veículos automotores;
- c) instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- d) equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida que não comprometam a segurança das instalações;
- e) instalações de iluminação pública;
- f) redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- g) instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobretensões);

- h) instalações em minas;
- i) instalações de cercas eletrificadas.

Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos em conformidade com as normas a eles aplicáveis.

A aplicação desta Norma não dispensa o atendimento a outras normas complementares, aplicáveis a instalações e locais específicos.

NOTA São exemplos de normas complementares a esta Normas as ABNT NBR 13534, ABNT NBR 13570 e ABNT NBR 5418

A aplicação desta Norma não dispensa o respeito ao regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer.

As instalações elétricas coberta por esta Norma estão sujeitas também, naquilo que for pertinente, às normas para fornecimento de energia estabelecidas pelas autoridades regulamentadoras e pelas empresas distribuidoras de eletricidade.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

Nesse capítulo, serão apresentados os materiais e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do aplicativo. Com isso, serão criadas as condições necessárias para a utilização prática, a qual será apresentada no próximo capítulo.

#### **3.1 MATERIAIS**

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do aplicativo consistem nas normas técnicas de distribuição NTD - 6.01, NTD - 6.05 e NTD - 6.07 da Companhia Energética de Brasília (CEB), na ABNT NBR 5410 e no Microsoft Excel, que foi a ferramenta escolhida para ser a base tanto do desenvolvimento quanto da utilização do aplicativo.

##### **3.1.1 Normas**

As normas, tanto as da CEB quanto a da ABNT, são consideradas materiais, não apenas por servirem como suporte de embasamento técnico e teórico, mas por fornecerem insumos, por meio de tabelas, que fazem parte da programação realizada no Microsoft Excel.

###### **3.1.1.1 NTD – 6.01**

Esta norma, que atende unidades consumidoras individuais através de distribuição em tensão secundária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda e o tipo de fornecimento.

###### **3.1.1.2 NTD – 6.05**

Esta norma, que atende unidades consumidoras através de distribuição em tensão primária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda.

###### **3.1.1.3 NTD – 6.07**

Esta norma, que atende prédios de múltiplas unidades consumidoras através de distribuição em tensão secundária, disponibiliza as tabelas necessárias para o cálculo de demanda e o tipo de fornecimento.

#### **3.1.1.4 ABNT NBR 5410**

Esta norma, que trata de instalações elétricas de baixa tensão, disponibiliza as tabelas necessárias para o dimensionamento básico de condutores para circuitos internos.

#### **3.1.2 MICROSOFT Excel**

O Microsoft Excel é um programa de planilha eletrônica escrito e produzido pela Microsoft para computadores que utilizam sistema operacional Microsoft Windows e também computadores Macintosh da Apple Inc.. Seus recursos incluem uma interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo e construção de gráficos. (Wikipedia, 2013).

As tabelas presentes nas normas, que tinham alguma utilidade, funcionalidade ou especificidade, foram transcritas para planilhas do Microsoft Excel e através de códigos desenvolvidos em VBA (*Visual Basic for Applications*) eram acessadas a fim de se obter os dados necessários para a ação pretendida.

O VBA também foi a linguagem utilizada para a realização dos cálculos e da parte gráfica do aplicativo, facilitando a utilização de tal maneira que durante o uso não há a necessidade de o usuário acessar ou manipular as planilhas presentes no arquivo. Todas as ações e decisões necessárias para a obtenção da demanda, tipos de fornecimento e dimensionamento de condutores para circuitos internos aparecem em telas que sobrepõem as planilhas.

## 3.2 MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os métodos utilizados tanto para os cálculos das demandas quanto para o dimensionamento básico dos cabos e tipo de fornecimento.

### 3.2.1 Cálculo de demandas

Como visto no capítulo anterior, os cálculos de demanda são regidos pelas normas da CEB, onde cada situação é descrita por uma determinada norma. O fluxograma abaixo, figura 3.1, mostra de maneira simplificada as relações entre as normas e como a demanda é encontrada em cada situação.

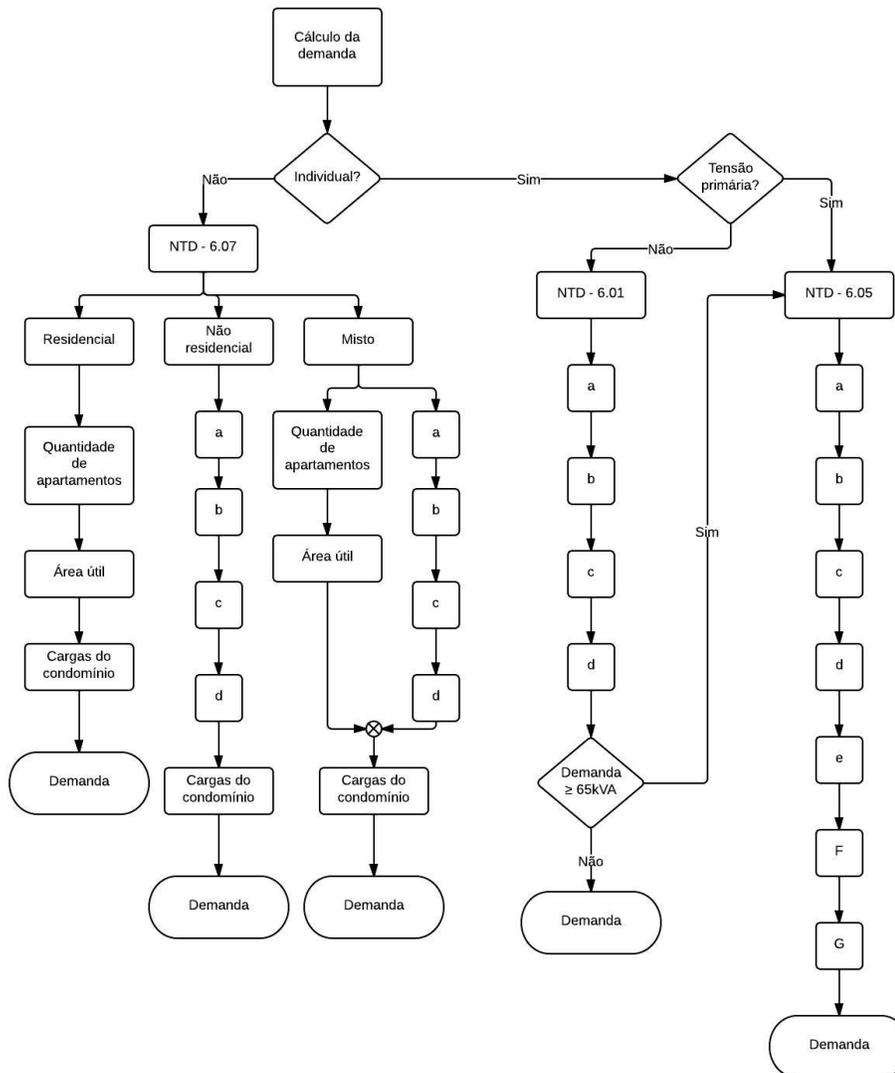


Figura 3.1 Fluxograma do cálculo de demanda

Para facilitar a explicação, serão detalhados os métodos utilizados em cada norma em subseções.

### 3.2.1.1 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.01.

Essa norma trata de unidades consumidoras individuais com fornecimento em tensão secundária. Para o cálculo da demanda é necessário que a unidade consumidora seja atendida por tipo de fornecimento trifásico, portanto, deverá ter potência instalada superior a 22 kW. O Cálculo da potência instalada não foi do escopo do aplicativo, cabe ao projetista garantir que esta seja maior que 22kW e que o fornecimento seja trifásico.

Como visto anteriormente, a demanda nessa situação é calculada da seguinte maneira:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Essa norma prevê casos em que a demanda tenha valor máximo de 65 kVA. Caso o valor da demanda calculada esteja no intervalo de 55 kVA a 65kVA o programa sugere, mas não obriga, que a demanda seja calculada usando as especificações da NTD - 6.05 . Mas se a demanda D calculada for maior do que 65 kVA é obrigatório o cálculo utilizando-se a NTD - 6.05. Se essa situação ocorrer, o aplicativo passa automaticamente os dados pertinentes já preenchidos para o local apropriado.

As seguintes tabelas da NTD - 6.01 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

*Tabela 3.1 Lista de tabelas da NTD 6.01 usadas para o cálculo da demanda.*

<b>TABELAS - NTD 6.01</b>	<b>PÁGINA DA NORMA</b>
<b>TABELA 03: FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AQUECIMENTO E AR-CONDICIONADO</b>	39
<b>TABELA 04: FATORES DE DEMANDA PARA INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS ATÉ 600 W</b>	40

<b>TABELA 05: FATORES DE DEMANDA PARA INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS RESIDENCIAIS</b>	41
<b>TABELA 06: POTÊNCIA DE MOTORES MONOFÁSICOS</b>	42
<b>TABELA 07: POTÊNCIA DE MOTORES TRIFÁSICOS</b>	43
<b>TABELA 08: FATORES DE UTILIZAÇÃO (Fu)</b>	44
<b>TABELA 09: FATORES DE SIMULTANEIDADE (Fs)</b>	44

### **Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

A subdemanda **a**, expressa em kVA, trata das cargas relativas a iluminação e tomadas de uso geral da unidade consumidora.

Para o cálculo dessa subdemanda informa-se primeiramente a potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral. Essa potência pode ser informada em kW ou em kVA. Escolhe-se então o tipo de atividade exercido por essa unidade consumidora, residencial ou não residencial. Dependendo da combinação da unidade de potência e do tipo de atividade escolhidos o valor do fator de potência deverá ser informado.

Caso o tipo de atividade escolhido tenha sido o residencial, a tabela 05 da NTD - 6.01 deverá ser consultada. Essa tabela nos fornece um fator de demanda (FD) que depende de uma carga instalada em kW, ou seja, caso a carga não tenha sido fornecida em kW necessita-se do fator de potência (f.p.) para convertê-la. A relação entre kVA, kW e f.p. se dá da seguinte maneira:

$$kW = kVA \times \text{fator de potência}$$

Na tabela 05 os fatores de demanda são dados para uma determinada faixa de valores da potência instalada, de tal maneira que para se encontrar a demanda pra uma determinada potência somam-

se todos os fatores de demanda de faixas anteriores e mais o percentual do fator de demanda da faixa onde se encontra. Por exemplo, se a carga instalada devida a iluminação e tomadas de uso geral for de 4,5 kW. 4,5 está presente na faixa que compreende valores entre 4kW e 5 kW e está após as faixas C (carga instalada)  $\leq 1$ ;  $1 < C \leq 2$ ;  $2 < C \leq 3$ ;  $3 < C \leq 4$ . Portanto, a demanda é igual a soma dos fatores de demanda de todas essas faixas mais 0,5 do fator de demanda da faixa  $4 < C \leq 5$ .

O resultado da subdemanda **a** deverá ser fornecido em kVA, portanto é necessário realizar a transformação de kW para kVA:

$$kVA = \frac{kW}{\text{fator de potência}}$$

Caso o tipo de atividade escolhido tenha sido o não residencial, a tabela a ser consultada será a tabela 04, nela está presente uma lista de atividades não residenciais, escolhe-se então uma dessas atividades. Os fatores de demanda constantes nessa tabela dependem unicamente da atividade não residencial escolhida e não da potência e/ou sua unidade. Portanto, se a potência instalada for fornecida em kVA, o resultado é a multiplicação entre a potência e o FD. Mas caso esteja em kW, faz-se necessária a conversão de kW para kVA para só então obter-se o resultado.

*Tabela 3.2 Subdemanda a, utilização do f.p.*

<b>Tipo de atividade</b>	<b>Tabela consultada</b>	<b>Unidade</b>	<b>Necessário f.p.?</b>
<b>Residencial</b>	4	kW	Sim
		kVA	Sim
<b>Não Residencial</b>	5	kW	Sim
		kVA	Não

### **Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)**

A subdemanda **b**, expressa em kVA, pode ser dividida duas partes. A primeira trata da demanda relativa a aparelhos de aquecimento e a segunda é relativa a aparelhos de ar-condicionado.

Para o cálculo da parte que leva em conta os aparelhos de aquecimento deverão ser informados três dados: potência individual (em kVA) do aparelho, número de aparelhos com tal potência e a

sua espécie. Entre as espécies de aparelhos escolhe-se entre chuveiro elétrico, torneira elétrica, *boiler* elétrico, fogão elétrico, forno elétrico e outras 3 opções que não tem nomes vinculados, mas que servem para representar quaisquer outros aparelhos de aquecimento que não estejam listados. De tal maneira que elementos com a mesma espécie e mesma potência deverão estar representados na mesma linha com sua respectiva quantidade. Elementos de mesma espécie, mas com potências diferentes deverão ser representados em linhas diferentes com respectivas quantidades. E elementos de mesma potência, mas espécies diferentes também devem ser representadas em linhas diferentes com suas respectivas quantidades.

O calculo da demanda dos aparelhos de aquecimento de mesma espécie é feito da seguinte maneira:

$$b1 = FD \times \sum_{i=1}^n Q_{tde\ de\ aparelhos\ x\ Potência\ individual}$$

Onde n é número de linhas para aparelhos de mesma espécie.

O fator de demanda é encontrado por intermédio da tabela 03 da norma NTD - 6.01. Essa tabela tem duas colunas, a primeira mostra fatores de demanda para aparelhos com potência individual  $\leq 3,5$  kVA e a segunda para aparelhos com potência individual  $> 3,5$  kVA. Soma-se a quantidade de aparelhos de uma mesma espécie e com ajuda da tabela encontra-se a linha de interesse. O próximo passo então é dividir o total de aparelhos de mesma espécie em dois subtotaís: Nt1. Número de aparelhos com potência individual  $\leq 3,5$  kVA; Nt2. Número de aparelhos com potência individual  $> 3,5$  kVA e a partir disso fazer uma média ponderada para a obtenção do fator de demanda (FD) correspondente para uma espécie.

$$FD = \frac{Nt1 \times FD\ obtido\ na\ coluna\ 1 + Nt2 \times FD\ obtido\ na\ coluna\ 2}{Quantidade\ total\ de\ aparelhos\ de\ uma\ espécie}$$

Repete-se esse processo para cada espécie de aparelhos de aquecimento representada e somam-se as suas demandas.

Para aparelhos de ar-condicionado as seguintes informações são necessárias: Quantidade, potência individual, unidade, rendimento, fator de potência e espécie. Pode-se optar por fornecer os dados relativos a unidade, rendimento e fator de potência individualmente ou no conjunto. Escolhido o no conjunto, os dados informados serão utilizados para todas as linhas. Caso o individualmente tenha sido escolhido, os dados deverão ser informados linha por linha.

A espécie para aparelhos de ar-condicionado pode ser escolhida dentre duas opções: Janela ou *split* e central de refrigeração.

A demanda relativa a aparelhos de ar-condicionado é calculada de maneira similar a demanda dos aparelhos de aquecimento, porém algumas considerações devem ser feitas. Enquanto que para aparelhos de aquecimento a unidade em que a potência individual informada é sempre o kVA, para aparelhos de ar-condicionado essa potência poderá ter como unidade kVA, kW, cv, hp, BTU/h e TR. E como a tabela 03 para aparelhos de ar-condicionado fornece fatores de demandas relativas a potências em kW e a unidade de saída para o cálculo de demanda é o kVA, conversões deverão ser feitas. O fluxograma, figura 3.2, abaixo mostra a cadeia de conversões necessárias.

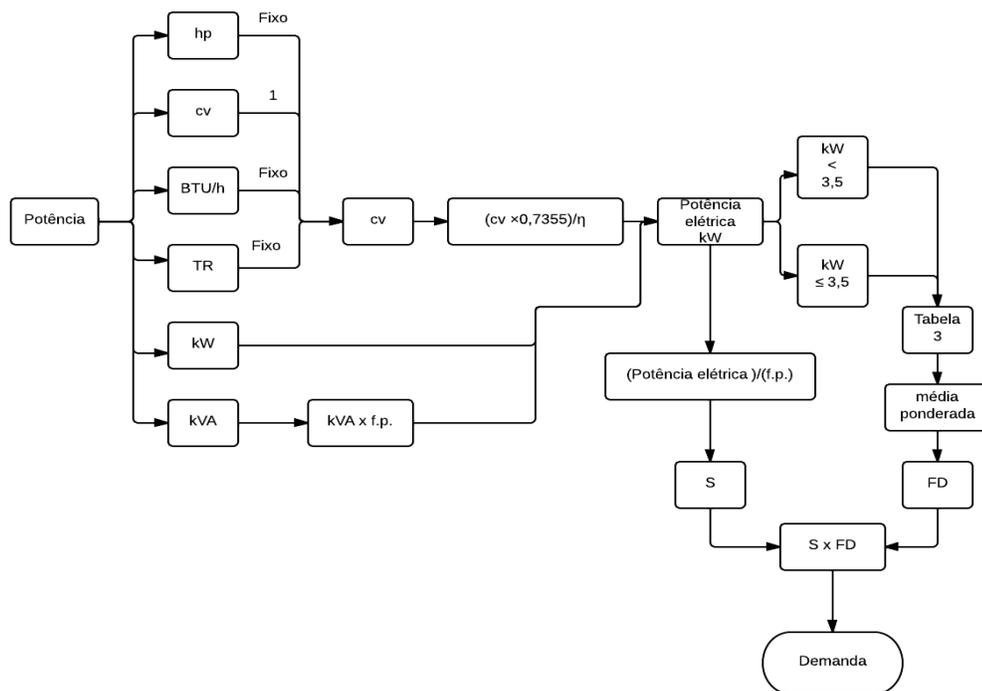


Figura 3.2 Fluxograma para cálculo de demanda de aparelhos de ar-condicionado.

A potência inserida poderá ter qualquer uma das unidades mostradas acima. As unidades hp, cv, BTU/h e TR são convertidas para cv, pois há uma tabela de conversão fixa para elas. A conversão de cv para kW se dá seguinte forma:

$$kW = \frac{cv \times 0,7355}{\eta}$$

De kVA para kW utiliza-se a fórmula já vista anteriormente e a potência fornecida em kW já é a própria potência elétrica, não precisando de conversões.

*Tabela 3.3. Fatores de conversão para cv*

Potência em	Fator de correção para cv
HP	x 1,0138697
Cv	x 1
BTU/h	x 0,0003985
TR	x 4,7816
kW	x 0,7355 / $\eta$
kVA	x 0,7355/( $\eta$ x f.p.)

De posse da potência elétrica, assim como para aparelhos de aquecimento, encontra-se a quantidade total de aparelhos de uma mesma espécie e divide-se em número de aparelhos com potência individual  $\leq 3,5$  kW e número de aparelhos com potência individual  $> 3,5$  kW. O FD será a média ponderada dos valores encontrados. A conversão da potência elétrica de kW para kVA é feita e por fim é multiplicado pelo FD encontrado. Se houver mais de uma espécie de aparelhos repete-se o processo e os resultados são somados.

A subdemanda **b** será a soma das parcelas correspondentes a aparelhos de aquecimento e a aparelhos de ar-condicionado.

### **Cálculo da subdemanda c (motores e máquinas de solda do tipo motor gerador)**

A subdemanda **c**, expressa em kVA, trata da demanda dos motores monofásicos e motores trifásicos. Esta subdemanda pode ser dividida em duas parcelas, a primeira para o cálculo da demanda de motores monofásicos e a segunda para o cálculo da demanda de motores trifásicos.

Para a demanda de motores monofásicos os seguintes dados devem ser informados: Quantidade de motores, potência individual, unidade de potência, rendimento, fator de potência e espécie. Assim como para aparelhos de ar-condicionado, a unidade de potência, rendimento e fator de potência podem ser informados individualmente ou no conjunto, onde caso a opção no conjunto seja escolhida os dados informados serão utilizados em todas as linhas. Se a opção individualmente for escolhida há a possibilidade de se utilizar valores de rendimento e fator de potência presentes na tabela 06. Para tanto, a unidade escolhida tem que ser cv e a opção ‘Usar valor tabelado?’ deverá ser marcada. Marcada essa opção, o aplicativo mostrará nos campos correspondentes os valores tabelados. Caso a potência informada não tiver um valor tabelado, os dados mostrados serão dos valores mais próximos.

O cálculo da demanda para motores monofásicos de uma mesma espécie se dá da seguinte forma:

$$\sum c_{1n} = n^{\circ} \text{ de motores} \times \text{potência (em kVA)} \times Fu \times Fs$$

O somatório das demandas de cada espécie será o resultado da demanda da parcela que corresponde aos motores monofásicos.

As espécies que podem ser escolhidas para motores monofásicos são as seguintes: bomba d’água, elevador e mais 2 opções sem nomes específicos que podem ser utilizadas para a representação de determinado tipo de motor monofásico.

O fator de utilização (Fu) é um fator de demanda que depende da potência do motor e é encontrado pela tabela 08, mas para tanto, a potência desses motores deverão estar expressas em

cv. Como as unidades disponíveis são cv, hp, kVA e kW, caso não estejam em cv as potências deverão ser convertidas para essa unidade. Os fatores de conversão são os mesmos utilizados na tabela 3.2 acima.

O fator de simultaneidade (Fs), encontrado pela tabela 9, depende das potências dos motores (em cv) e do número de equipamentos. Como as potências já foram transformadas para se encontrar o Fu, neste passo elas já estarão na unidade correta. Para um número total de motores de uma mesma espécie pode-se ter aparelhos com potências diferentes, aqui também é feita uma média ponderada para que um Fs mais pertinente seja utilizado.

$$Fu = \frac{(n^{\circ} \text{ motores} \times Fu) \text{ até } 2,5 \text{ cv} + (n^{\circ} \text{ motores} \times Fu) \text{ de } 3 \text{ a } 15 \text{ cv} + (n^{\circ} \text{ motores} \times Fu) \text{ de } 20 \text{ a } 30 \text{ cv}}{n^{\circ} \text{ total de motores}}$$

Como dito anteriormente essa subdemanda *c* tem como unidade de saída kVA portanto, as suas parcelas também o tem. Para o cálculo de *c1* deve-se transformar a potência, que no atual momento está em cv, para kVA. Utiliza-se, portanto, a seguinte fórmula:

$$\text{potência (em kVA)} = \frac{\text{potência(em cv)} \times 0,7355}{\eta \times f.p}$$

Estando a potência em kVA e encontrados o Fu e o Fs o *c1n* é calculado e por fim a parcela de demanda correspondente aos motores monofásicos.

O cálculo da parcela correspondente aos motores trifásicos se dá da mesma forma que a dos motores monofásicos a única exceção é que ao se marcar a opção ‘Usa valor tabelado?’ ao invés de consultar a tabela 06, a tabela 07 é que será consultada. Todos os outros cálculos e métodos para se obter Fu e Fs permanecem os mesmos.

### **Cálculo da subdemanda *d* (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)**

A subdemanda ***d***, expressa em kVA, consiste na demanda proveniente de máquinas de solda e equipamentos de raios X, apesar de não serem comuns há situações em que serão utilizados e , por isso, devem ser levados em consideração.

A subdemanda ***d*** é calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} d = & (\textit{potência da maior solda} + \textit{potência do maior raios X}) \\ & + (\textit{potência da segunda maior solda} \\ & + \textit{potência do segundo maior raios X}) \times 0,7 \\ & + (\textit{potência da terceira maior solda} \\ & + \textit{potência do terceiro maior raios X}) \times 0,5 \\ & + (\textit{potência das demais soldas} + \textit{potência dos demais raios X}) \times 0,3 \end{aligned}$$

Todas essas potências deverão ser dadas em kVA. Os termos que representam a potência das demais máquinas de solda e demais raios X, nada mais são que as somas das potências dos equipamentos que são os quartos, quintos, sextos, sétimos etc. maiores.

#### **3.2.1.2 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.07.**

Essa norma trata de prédios de múltiplas unidades consumidoras com fornecimento em tensão secundária.

Um prédio de múltiplas unidades consumidoras pode ter três tipos de uso: residencial, não residencial e misto, que são prédios que possuem tanto unidades residenciais quanto unidades não residenciais. A cada tipo de uso do prédio está vinculada uma maneira diferente de se calcular a demanda.

As seguintes tabelas da NTD - 6.01 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

Tabela 3.4 Lista de tabelas da NTD 6.07 usadas para o cálculo da demanda

<b>TABELAS - NTD 6.07</b>	<b>PÁGINA DA NORMA</b>
TABELA 01 - FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS DE USO GERAL EM INSTALAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS	63
TABELA 03 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS DE AR-CONDICIONADO	65
TABELA 04 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS DE AQUECIMENTO	66
TABELA 06 - MOTORES ASSÍNCRONOS TRIFÁSICOS COM ROTOR EM CURTO-CIRCUITO CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	68
TABELA 07 - MOTORES ASSÍNCRONOS MONOFÁSICO COM ROTOR EM CURTO-CIRCUITO CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	70
TABELA 08 - FATORES DE SIMULTANEIDADE ( $F_s$ ) PARA MOTORES E OUTRAS CARGAS	72
TABELA 09 - FATORES DE UTILIZAÇÃO ( $F_u$ ) PARA MOTORES E OUTRAS CARGAS	73
TABELA 10 - FATORES DE DEMANDA PARA ELEVADORES	74
TABELA 12 - CÁLCULO DAS DEMANDAS DOS APARTAMENTOS EM FUNÇÃO DAS ÁREAS ÚTEIS	76
TABELA 13 - FATORES DE DIVERSIFICAÇÃO DE CARGA EM FUNÇÃO DO Nº DE APARTAMENTOS	77

## **Prédio de uso coletivo residencial**

Aqui se enquadram prédios constituídos unicamente por unidades de uso residencial e um condomínio de uso comum às unidades.

No capítulo 2, foi visto que a demanda para esse tipo de prédio é calculada da seguinte forma:

$$D_T = D_1 + D_2 \text{ (kVA)}$$

Onde  $D_1$  representa a subdemanda relativa aos apartamentos residenciais e  $D_2$  é a subdemanda que diz respeito às cargas do condomínio.

### **Cálculo da subdemanda $D_1$ (unidades residenciais)**

A subdemanda  $D_1$  (em kVA) é calculada pela fórmula abaixo:

$$D_1 = 1,2 \times f \times a$$

Onde  $a$  é a demanda por apartamento em função da sua área útil. Este fator  $a$ , para apartamentos de até 400m<sup>2</sup>, é obtido consultando-se a tabela 20. Para prédios que possuem apartamentos de tamanho único a consulta se dá de maneira direta, porém em casos de prédios que possuem apartamentos de tamanho variado, faz-se uma média ponderada entre o número de apartamentos e suas respectivas áreas, este resultado é então considerado a área útil levando-se em conta os tamanhos variados e então a tabela 20 é consultada. Para apartamentos de área útil maior que 400m<sup>2</sup> esta tabela não pode ser aplicada, calcula-se então um termo equivalente ao fator  $a$  que é descrito abaixo:

$$Y = 0,034939 \times X^{0,895075}$$

Onde,

Y = demanda do apartamento em kVA; e

X= área útil em m<sup>2</sup> do apartamento.

O fator  $f$  é um fator de diversificação da carga em função do número de apartamentos. O seu valor é encontrado por intermédio da tabela 21.

De posse do fator  $a$  (ou  $Y$ ) e do fator  $f$ , acha-se a demanda relativa aos apartamentos residenciais.

### **Cálculo da subdemanda $D_2$ (condomínio)**

A demanda relativa ao condomínio é proveniente de quatro fontes, carga devido a iluminação, carga devido a tomadas de uso geral, motores monofásicos e motores trifásicos. Essa subdemanda  $D_2$  também é expressa em kVA

A demanda devido a carga de iluminação é calculada da seguinte maneira:

- 100 % para os primeiros 10 kVA; e
- 25% para os demais.

Essa potência de iluminação pode ser fornecida tanto em kVA quanto em kW. Caso seja fornecida em kVA o resultado se dá de maneira direta, mas caso a unidade utilizada seja kW, é necessário ser informado o f.p. para a conversão em kVA.

Já a demanda devida à carga de tomada de uso geral é calculada da seguinte maneira:

- 20% da carga total.

As demandas para os motores monofásicos e trifásicos são calculadas da mesma forma que para a subdemanda  $d$  da subseção anterior. As únicas diferenças aqui são as espécies de motores disponíveis para escolha (bomba d'água, bomba de esgoto, central de aquecimento, central de refrigeração, motor para piscina, motor para sauna e mais 2 opções não especificadas), a não presença da opção de escolha no conjunto da unidade, fator de potência e rendimento e as tabelas consultadas, que apesar de terem os mesmos valores têm numeração diferente na norma NTD - 6.07.

Somadas todas as contribuições (carga de iluminação, carga de tomadas de uso geral, motores monofásicos e motores trifásicos) obtém-se a demanda do condomínio.

### **Prédio de uso coletivo não residencial**

Nesta seção são incluídos os prédios que são constituídos apenas por unidades não residenciais e um condomínio.

Segundo a norma a demanda para este tipo de forma é calculada da seguinte maneira:

$$D = a + b + c + d \text{ (kVA)}$$

Porém se o cálculo for feito dessa maneira não será levada em consideração a demanda relativa ao condomínio, que mesmo que minimamente está presente em qualquer prédio de múltiplas unidades consumidoras.

Adicionou-se, portanto, uma subdemanda  $D_2$  a este somatório de tal maneira que a demanda para um prédio de uso coletivo não residencial agora é calculado pela fórmula abaixo:

$$D = a + b + c + d + D_2$$

Essa subdemanda  $D_2$  é calculada da mesma maneira que a demanda do condomínio de um prédio de uso coletivo individual.

Para o cálculo das outras subdemandas é necessário informar se há mais de um tipo de unidade não residencial presente no prédio. Por exemplo, se for um prédio unicamente de escritórios só há um tipo de unidade não residencial, porém se for um prédio formado por escritórios, lojas comerciais e auditórios haverá três tipos de unidades não residenciais ou ainda caso haja um prédio com dois tipos de escritórios muito diferentes entre si, esses também serão considerados tipos diferentes. Escolhe-se então a atividade e o número de unidades correspondente àquele tipo de unidade não residencial. Serão abertas janelas correspondentes ao número escolhido.

### **Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Para cada tipo de unidade não residencial deverá ser preenchido a sua potência de iluminação fornecida em kVA ou kW, como a unidade de saída dessa subdemanda é kVA, quando uma potência de iluminação for fornecida em kW, o f.p. também deverá ser dado para que seja feita a devida conversão, para potências informadas em kVA o f.p não é necessário (com exceção das atividades correspondentes a ‘Escolas e semelhantes’, ‘Escritórios (edifícios DE)’, ‘Hospitais e semelhantes’ e ‘Hotéis e semelhantes’, para essas o f.p. deverá ser informado para qualquer unidade potência fornecida, pois seus fatores de demanda são encontrados para potências em kW). Pela tabela 01 os FDs correspondentes a atividade são encontrados e a subdemanda **a** pode ser calculada da seguinte maneira:

$$a = \sum_{i=1}^n \text{potência (em kVA)} \times FD \times \text{número de unidades daquele tipo}$$

Onde  $n$  é o número total de tipos de unidades não residenciais existentes no prédio de uso coletivo.

### **Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)**

Assim como para a subdemanda **a**, os valores devidos a subdemanda **b** deverão ser preenchidos para cada tipo de atividade não residencial.

O preenchimento dos dados dessa subdemanda se dá da mesma maneira que o da subdemanda **b** para unidades individuais, com a diferença apenas nas espécies de aparelhos de aquecimento para a escolha (chuveiro elétrico, torneira elétrica, máquina de lavar louça, aquecedor de passagem, aquecedor de acumulação, máquina de secar roupas, micro-ondas e mais 2 opções não especificadas).

Porém o método de cálculo é diferente. Há na tabela 04 uma coluna para cada espécie de aparelho de aquecimento e as linhas são definidas por número de aparelhos. Portanto, encontra-se

o número total de aparelhos daquela espécie presente em todos os tipos de unidades não residenciais, a intersecção de coluna e linha fornecerá o FD correspondente.

Para aquela espécie de aparelho a sua demanda será:

$$b_j = FD \times \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \\ \times n^{\circ} \text{ de aparelhos}_i \times n^{\circ} \text{ de unidades daquele tipo}$$

Onde n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j-ésima espécie

A parcela da subdemanda **b** que representa os aparelhos de aquecimento é a somatório dos  $b_j$ .

Já para aparelhos de ar-condicionado, algo semelhante é aplicado. Porém, não há diferença entre os FDs das suas espécies. Soma-se o número total de aparelhos de ar-condicionado em todos os tipos de unidades não residenciais e encontra-se o FD correspondente na tabela 03. Converte-se as potências informadas em outras unidades que não o kVA para kVA e então utilizando a fórmula acima calcula-se a demanda relativa a aparelhos de ar-condicionado.

A soma dessas duas parcelas (aparelhos de aquecimento e aparelhos de ar-condicionado) é o resultado da subdemanda **b**.

### **Cálculo da subdemanda c (motores monofásicos e trifásicos)**

Para o cálculo da demanda correspondente aos motores monofásicos, preenchem-se todas as áreas respectivas aos motores monofásicos nas janelas de unidades não residenciais que irão se abrir (o preenchimento em cada janela se dá como o da subdemanda **c** para unidades individuais). Os motores serão agrupados por espécie (todos os motores de todas as unidades não residenciais) e o método de cálculo é o mesmo para motores monofásicos mostrado anteriormente. Converte-se as potências para cv, acha-se o  $F_u$  pela tabela 09 e o  $F_s$  pela tabela 08, levando em conta a média ponderada entre número de motores presentes em cada faixa de potência, transforma-se a

potência novamente em kVA e, por fim, calcula-se a parcela dos motores monofásicos da seguinte maneira:

$$c_j = F_s \times F_u \times \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \times n^\circ \text{ de motores}_i \\ \times n^\circ \text{ de unidades daquele tipo}$$

Onde n é o número de linhas de motores preenchidas, i representa o conjunto número de motores-potência individual de determinada linha e j representa j-ésima espécie. A soma das j espécies é a demanda relativa aos motores monofásicos.

Para motores trifásicos o mesmo procedimento é adotado. A soma da parcela correspondente aos motores monofásicos e trifásicos corresponde a subdemanda **c** do prédio de uso coletivo não residencial.

#### **Cálculo da subdemanda d (máquinas de solda a transformador e equipamentos de raios X)**

Assim como as outras subdemandas, a subdemanda **d** é preenchida como a subdemanda **d** para unidades individuais e só é calculada após todas as janelas de tipos de unidades não residências tenham sido completadas. Agrupa-se então as soldas e os raios X de tal maneira que o cálculo dessa subdemanda segue como o abaixo:

$$d = \left( \sum \text{potências das maiores soldas} + \sum \text{potências dos maiores raios X} \right) \\ + \left( \sum \text{potências das segundas maiores soldas} \right. \\ \left. + \sum \text{potências dos segundos maiores raios X} \right) \times 0,7 \\ + \left( \sum \text{potências das terceiras maiores soldas} \right. \\ \left. + \sum \text{potências dos terceiro maiores raios X} \right) \times 0,5 \\ + \left( \sum \text{potências das demais soldas} + \sum \text{potências dos demais raios X} \right) \\ \times 0,3$$

A unidade dessas potências fornecidas é o kVA.

Após a determinação de todas as subdemandas pode-se encontrar a demanda para o prédio de uso coletivo não residencial.

### **Prédio de uso misto.**

O prédio de uso misto nada mais é que um prédio que contém apartamentos residenciais e unidades não residenciais. A sua demanda é calculada pela soma da demanda relativa a parte residencial com a demanda relativa a parte não residencial mais o condomínio. Ou seja, pode-se unir as demandas em uma só, podendo reescrever a fórmula para o cálculo de demanda:

$$D_t = D_1 + D_2 + a + b + c + d$$

Onde,

**D<sub>t</sub>** demanda total do prédio de uso misto;

**D<sub>1</sub>** subdemanda relativa à parte residencial do prédio;

**D<sub>2</sub>** subdemanda relativa ao condomínio;

**a** subdemanda relativa a iluminação e tomadas de uso geral da parte não residência do prédio;

**b** subdemanda relativa a aparelhos de aquecimento e ar-condicionado da parte não residencial do prédio;

**c** subdemanda relativa a motores monofásicos e trifásicos da parte não residencial do prédio; e

**d** subdemanda relativa a aparelhos de solda e equipamentos de raios X da parte não residencial do prédio.

### **3.2.1.3 Cálculo de demanda segundo a NTD - 6.05.**

Essa norma trata das condições de fornecimento elétrico em tensão primária a consumidores individuais.

A demanda (em kVA) para esse tipo de instalação é calculada da seguinte maneira:

$$D = 0,77 \times a + 0,7 \times b + 0,95 \times c + 0,59 \times d + 1,2 \times e + F + G$$

Nem todas as subdemandas presentes nessa fórmula são expressas em kVA (as subdemandas **c**, **d** e **e** são dadas em kW), mas o fator de multiplicação presente a frente delas já trata da conversão de unidades.

As seguintes tabelas da NTD - 6.05 serão utilizadas para o cálculo da demanda:

*Tabela 3.5 Lista de tabelas da NTD 6.05 utilizada para o cálculo da demanda*

<b>TABELAS - NTD 6.05</b>	<b>PÁGINA DA NORMA</b>
<b>TABELA 15 - Fatores de demanda para iluminação e tomadas de uso geral em instalações comerciais e industriais</b>	90
<b>TABELA 16 - Fatores de demanda para Instalações não Residenciais de Iluminação e Tomadas até 600 W.</b>	91
<b>TABELA 17 - Fatores de demanda de aparelhos de ar-condicionado</b>	92
<b>TABELA 19 - Fatores de Demanda de aparelhos de aquecimento</b>	94
<b>TABELA 20 - Motores assíncronos trifásicos com rotor em curto circuito. Características elétricas</b>	95
<b>TABELA 21 - Motores assíncronos monofásicos com rotor em curto circuito. Características elétricas</b>	97
<b>TABELA 22 - Fatores de simultaneidade (Fs) para motores e outras cargas</b>	98
<b>TABELA 23 - Fatores de utilização (Fu) para motores e outras cargas</b>	99

TABELA 24 – Fatores de demanda para elevadores	99
--	----

### **Cálculo da subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Assim como nas outras normas deve-se calcular o termo da demanda total relativa as cargas de iluminação e tomadas de uso geral. Fornece-se a potência total para tais cargas e em seguida a sua unidade, kVA ou kW. Caso a unidade fornecida seja o kW, o fator de potência tem que ser informado, se a unidade for o kVA o fator de potência não é necessário pois a subdemanda **a** já é expressa nessa unidade (com exceção das atividades correspondentes a ‘Escolas e semelhantes’, ‘Escritórios (edifícios DE)’, ‘Hospitais e semelhantes’ e ‘Hotéis e semelhantes’, para essas o f.p. deverá ser informado para qualquer unidade de potência fornecida, pois seus fatores de demanda são encontrados para potências em kW e depois faz-se necessária a conversão para kVA). O próximo passo é a escolha da atividade, a lista de atividades foi formada pela junção das tabelas 15 e 16, onde cada atividade possui o seu fator de demanda correspondente.

$$a = \text{Potência} \times FD$$

### **Cálculo da subdemanda b (aparelhos de aquecimento)**

A subdemanda **b**, ao contrário das outras normas, é calculada apenas pela contribuição dos aparelhos de aquecimento na demanda total. A subdemanda **b** é expressa em kVA.

A forma de preenchimento dos dados é a mesma que para a parcela de aparelhos de aquecimento nos prédios de uso coletivo. O cálculo de demanda também é similar, mas nessa situação como é uma instalação individual não é preciso somar as contribuições de múltiplas unidades. A tabela 19 possui colunas correspondentes as espécies e linhas com o número de aparelhos. Acha-se o número total de aparelhos de uma mesma espécie. Esse número total será a linha da tabela 19, a intersecção de coluna e linha fornecerá o FD correspondente.

Para aquela espécie de aparelho a sua demanda será:

$$b_j = FD \times \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kVA)}_i \times \text{Número de aparelhos}_i$$

Onde n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j-ésima espécie. A soma de todas as demandas das espécies será a subdemanda **b**.

$$b = \sum_{j=1}^k b_j$$

Onde k é o número de espécies de aparelhos de ar-condicionado.

#### **Cálculo da subdemanda c (aparelhos de ar-condicionado)**

A subdemanda **c**, expressa em kW, é a demanda dos aparelhos de ar-condicionado. Seu preenchimento se dá da mesma forma que nas normas anteriores. Porém, como é expressa é kW, as potências que são fornecidas em outras unidades são convertidas. Quando a potência é fornecida em kVA o f.p. também deve ser dado, para cv, hp, BTU/h e TR é necessário ser dado o rendimento. O fator de demanda é encontrado somando-se o número de aparelhos de uma mesma espécie, a fim de se obter a quantidade total. De posse desse valor procura-se na tabela 20 a linha correspondente e assim fica determinado o FD para aquela espécie. A subdemanda **c**, por fim, é determinada:

$$c_j = FD \times \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \times \text{Número de aparelhos}_i$$

Onde n é o número de linhas de aparelhos de aquecimento preenchidas, i representa o conjunto número de aparelhos-potência individual de determinada linha e j representa j-ésima espécie.

Como só existe duas espécies de ar-condicionado (janela ou *split* e central), j pode ser no máximo igual a 2. A soma desses  $c_j$  será o resultado para a subdemanda  $c$ .

$$c = \sum_{j=1}^k c_j$$

Onde k é o número de espécies de aparelhos de ar-condicionado.

*Tabela 3.6 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de aparelhos de ar-condicionado.*

<b>Unidade</b>	<b>Fator de potência</b>	<b>Rendimento</b>
<b>cv</b>	-	Sim
<b>hp</b>	-	Sim
<b>kVA</b>	Sim	-
<b>kW</b>	-	-
<b>BTU/h</b>	-	Sim
<b>TR</b>	-	Sim

### **Cálculo da subdemanda d (bombas d'água)**

Tratadas em outras normas como um tipo de motor, as bombas d'águas constituem uma subdemanda própria na NTD - 6.05. Expressa em kW, a subdemanda **d** é constituída pela soma das demandas de cada bomba d'água.

As potências para bombas podem ser informadas em kW, kVA, cv e hp. Unidades diferentes de kW devem ser convertidas para essa. Portanto, quando a potência é fornecida em kVA o f.p. também deve ser dado, para cv e hp é necessário ser dado o rendimento.

Tabela 3.7 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de bombas d'água.

Unidade	Fator de potência	Rendimento
cv	-	Sim
hp	-	Sim
kVA	Sim	-
kW	-	-

A subdemanda **d** é simplesmente:

$$d = \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \times \text{Número de aparelhos}_i$$

Onde n é o número de linhas de bombas d'águas preenchidas e i representa o conjunto número de bombas-potência individual de determinada linha.

#### Cálculo da subdemanda e (elevadores)

Assim como as bombas d'água os elevadores também constituem uma subdemanda separada na NTD - 6.05 e essa subdemanda é expressa em kW. O valor dessa subdemanda é obtido de forma similar a subdemanda **d**, com o detalhe adicional que existe um FD pertinente ao número total de elevadores presentes em um bloco, esse fator de demanda é obtido por consulta a tabela 24.

$$e = FD \times \sum_{i=1}^n \text{Potência individual (em kW)}_i \times \text{Número de aparelhos}_i$$

#### Cálculo da subdemanda F (motores)

Na NTD – 6.05, a demanda proveniente dos motores advém do cálculo dessa subdemanda. Interpretando-se a norma (pois a maneira como está escrita gera ambiguidade), F por espécie é calculado por:

$$F_j = 0,87 \times F_s \times \sum_{i=1}^n P_{nm_i} \times F_{u_i}$$

Onde:

$P_{nm_i}$  = Potência nominal dos motores em cv utilizados em processo industrial.

$F_{u_i}$  = Fator de utilização dos motores.

$F_s$  = Fator de simultaneidade dos motores.

$n$  = Número de motores de uma espécie.

*Tabela 3.8 Dados a serem informados dependendo da unidade de potência escolhida de motores.*

<b>Unidade</b>	<b>Fator de potência</b>	<b>Rendimento</b>
<b>cv</b>	-	-
<b>hp</b>	-	-
<b>kVA</b>	Sim	Sim
<b>kW</b>	-	Sim

A potência nominal dos motores podem ser fornecidas em cv, hp, kW e kVA. Se a unidade informada for diferente de cv é necessário a conversão para essa unidade. Caso a unidade seja dada em hp não é necessário o f.p. e nem o rendimento, caso em kW o rendimento também é obrigatório e caso em kVA rendimento e f.p. devem ser inseridos.

O fator de utilização ( $F_u$ ) é obtido pela tabela 23 e o fator de simultaneidade ( $F_s$ ) é encontrado na tabela 22. Para o  $F_s$  leva-se em conta a média ponderada caso de haja motores de uma mesma espécie em mais de uma faixa de potência.

O somatório de  $F_j$ , onde  $j$  é a espécie do motor, é o valor da subdemanda **F**.

$$F = \sum_{j=1}^k F_j$$

Onde k é o número de espécies de motor.

### **Cálculo da subdemanda G (outras cargas)**

Expressa em kVA, essa é uma forma de serem listadas cargas que não se encaixam em nenhuma das outras subdemandas. Devem ser informadas a potência da carga e um fator de demanda. Esse fator de demanda deve ser estipulado pelo projetista em virtude das características dessas cargas.

$$G = \sum_{i=1}^n Potência (em kVA)_i \times FD_i$$

Onde,

n é o número de cargas informado e  $FD_i$  é o fator de demanda característico da carga.

## **3.2.2 Dimensionamento básico**

Há duas subdivisões nesta seção. A primeira parte versa sobre dimensionamentos de ramal de entrada para uma demanda calculada pelos métodos descritos na seção anterior, esta parte ainda é regida pelas normas da CEB. A segunda parte descreve métodos de dimensionamentos caso a demanda calculada seja para circuitos internos, segue-se nesta parte a ABNT NBR 5410.

### **3.2.2.1 Dimensionamentos para ramal de entrada**

Calculada uma demanda e desejando saber dimensionamentos para ramal de entrada a NTD - 6.01 e a NTD - 6.07 possuem tabelas que informam: Tipo de fornecimento, número de fases, número de fios, tamanho do disjuntor, seção do condutor de aterramento, seção do condutor do

ramal de ligação aéreo (em mm<sup>2</sup> ou AWG), seção do condutor de cobre do ramal de entrada (em mm<sup>2</sup>), seção do condutor do neutro do ramal de entrada (em mm<sup>2</sup>) e diâmetro nominal do eletroduto do ramal de entrada (em mm).

A tabela a ser consultada na NTD - 6.01 para a obtenção dessas informações é a tabela 11. Já na NTD - 6.07 os valores são extraídos da tabela 15.

### 3.2.2.2 Dimensionamentos para circuitos internos

Caso a demanda calculada seja a de um circuito interno e deseja-se fazer o dimensionamento básico de cabos (seção nominal do condutor de fase, seção nominal do condutor neutro, seção nominal do condutor de proteção), a ABNT NBR 5410 fornece quase todas as condições e tabelas para os devidos cálculos.

As seguintes tabelas da NBR 5410 serão utilizadas para o dimensionamento básico de cabos:

*Tabela 3.9 Lista de tabelas da NBR 5410 usadas para o dimensionamento básico de cabos.*

<b>TABELAS – NBR 5410</b>	<b>PÁGINA DA NORMA</b>
<b>TABELA 33 – Tipos de linhas elétricas</b>	90
<b>TABELA 36 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D – isolação PVC</b>	101
<b>TABELA 37 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D – isolação EPR ou XLPE</b>	102
<b>TABELA 38 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G – isolação PVC</b>	103
<b>TABELA 39 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G – isolação EPR ou XLPE</b>	104

<b>TABELA 40 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.</b>	106
<b>TABELA 41 - Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W</b>	107
<b>TABELA 42 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.</b>	108
<b>TABELA 43 - Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39).</b>	109
<b>TABELA 44 - Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados</b>	109
<b>TABELA 45 - Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados</b>	110
<b>TABELA 48 - Seção reduzida do condutor neutro</b>	115
<b>TABELA 58 - Seção mínima do condutor de proteção</b>	150

Dois métodos para dimensionamento foram utilizados no aplicativo: o Método da Queda de Tensão e o Método do Aquecimento. Há a possibilidade de se fazer o dimensionamento escolhendo um dos dois métodos ou por ambos, neste caso o condutor de fase com a maior seção nominal dentre os dois métodos será escolhido como resposta.

Ambos os métodos utilizam como dados essenciais uma demanda (dada em VA) e a tensão de linha do circuito (dada em V). De posse desses dois dados calcula-se a corrente de projeto  $I_b$  (dada em A)

$$I_b = \frac{\text{Demanda}}{\sqrt{3} \times \text{Tensão de linha}}$$

### **Método da Queda de Tensão**

Para que funcionem corretamente, aparelhos, equipamentos e motores, deve-se garantir que a tensão sob a qual a corrente lhes é fornecida fique dentro dos limites prefixados. Ao longo do caminho entre o ponto de chegada até alcançar o ponto de utilização ocorre uma queda de tensão. Esse critério visa dimensionar condutores que possam garantir até um limite de queda de tensão admissível, não ultrapassando os valores da norma NBR 5410, que garanta aos equipamentos a sua funcionalidade.

Para o dimensionamento de cabos utilizando este critério, alguns dados devem ser fornecidos além da tensão de linha e da corrente de projeto ( $I_b$ ), são eles:

- material do eletroduto;
- fator de potência (f.p.);
- queda de tensão admissível para o caso (em %); e
- comprimento do circuito (em km).

No aplicativo o material do eletroduto pode ser escolhido entre as opções magnético e não magnético, o fator de potência pode ser 0,8 ou 0,95, a queda de tensão admissível máxima é 7,5% e o comprimento do circuito pode ser dado em metros (o comprimento é convertido para km durante os cálculos).

O método consiste no cálculo de um termo chamado queda de tensão (QT) expresso em  $V/(A \times km)$  calculado da seguinte maneira:

$$QT = \frac{\textit{Tensão de linha} \times \textit{queda de tensão admissível}}{\textit{Corrente de projeto} \times \textit{comprimento do circuito}}$$

De posse desse termo e com a combinação entre material do eletroduto e fator de potência, consulta-se a tabela 4.18 (MACINTYRE, 2008) e determina-se a seção nominal do condutor de fase. A seção nominal do condutor neutro é encontrada pela tabela 48 da NBR 5410 e a seção nominal do condutor de proteção é determinada na tabela 58 também da NBR 5410.

### **Método do Aquecimento**

Um condutor submetido a um aquecimento muito grande provocado pela passagem de corrente elétrica pode ter a sua isolação e cobertura danificadas e com isso provocar problemas na instalação elétrica considerada. Este critério leva em conta essa preocupação para o dimensionamento dos condutores.

Para o método do aquecimento alguns fatores devem ser considerados:

- tipo de isolação e de cobertura;
- número de condutores carregados;
- maneira de instalar os cabos;
- proximidade de outros condutores e cabos; e
- temperatura ambiente ou do solo.

O tipo de instalação e a maneira de instalar os cabos serão indispensáveis para a escolha da tabela que fornecerão a seção nominal do condutor de fase. Os tipos de isolação disponíveis para escolha no aplicativo são PVC e EPR ou XLPE. As maneiras de instalar os cabos estão presentes na tabela 33 da NBR 5410.

Este método consiste em se obter a corrente de projeto ( $I_b$ ) e corrigi-la por meio de alguns fatores que levam em consideração a temperatura ( $k_1$ ), o agrupamento de condutores e a sua proximidade a outros circuitos ( $k_2$ ), o agrupamento de eletrodutos ( $k_3$ ) e a resistividade do solo ( $k_4$ ) e o número de condutores carregados. De posse desses fatores, a corrente corrigida é calculada:

$$I' = \frac{I_b}{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4}$$

O fator  $k_1$  é obtido pela tabela 40. Ele depende do tipo de isolamento e da temperatura ambiente ou temperatura do solo caso o condutor esteja enterrado.

O fator  $k_2$  é o mais complexo de ser obtido. Ele será igual a 1 caso não haja outros circuitos ou cabos multipolares próximos do circuito que está sendo dimensionando. Se houverem outros circuitos ou cabos multipolares próximos o valor de  $k_2$  dependerá das seguintes situações:

#### 1) Condutores não enterrados

Encontra-se  $k_2$  na tabela 42 se estiverem:

- Dispostos em feixe: ao ar livre ou sobre superfícies; embutidos; em conduto fechado.
- Em camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira.
- Em camada única no teto.
- Em camada única em bandeja não perfurada.
- Em camada única sobre leito, suporte etc.

Encontra-se  $k_2$  na tabela 43 se estiverem:

- Em camadas.

#### 2) Condutores enterrados

Encontra-se  $k_2$  na tabela 44 se estiverem:

- Diretamente aterrados.

Encontra-se  $k_2$  na tabela 45 se estiverem:

- Dentro de eletrodutos.

O fator  $k_3$  depende do agrupamento de eletrodutos, dispostos horizontalmente e verticalmente. Caso os eletrodutos estejam ao ar livre  $k_3$  advém da tabela 4.13 (MACINTYRE, 2008), se estiverem enterrados  $k_3$  é obtido pela tabela 4.14 (MACINTYRE, 2008).

O valor de  $k_4$  é 1 se os condutores não estiverem enterrados. Se estiverem, o seu valor é obtido pela tabela 41.

De posse desses valores, a corrente é corrigida pela fórmula mencionada anteriormente. Se o número de condutores carregados desse circuito for igual a 4, multiplica-se a corrente corrigida por 0,86.

Com o resultado da corrente corrigida procura-se o valor da seção nominal das fases na tabela correspondente:

- Tabela 36 se a isolação for PVC e a maneira de instalar os cabos estiver entre A e D.
- Tabela 37 se a isolação for EPR ou XLPE e a maneira de instalar os cabos estiver entre A e D.
- Tabela 38 se a isolação for PVC e a maneira de instalar os cabos estiver entre E e G.
- Tabela 39 se a isolação for EPR ou XLPE e a maneira de instalar os cabos estiver entre E e G.

Sabendo-se a seção nominal dos condutores de fase, a seção nominal do condutor neutro é encontrada pela tabela 48 e a seção nominal do condutor de proteção é determinada na tabela 58.

## **4 APLICATIVO PRA CÁLCULO DE DEMANDA E DIMENSIONAMENTOS BÁSICOS.**

Neste capítulo será mostrada a utilização prática do aplicativo, onde a metodologia apresentada no capítulo anterior é aplicada. Aqui serão mostradas as telas, o modo como são preenchidas as informações e alguns exemplos de utilização do cálculo de demanda utilizando cada uma das normas e os dimensionamentos pertinentes.

Como já mencionado anteriormente, o objetivo do aplicativo é ser intuitivo e de manuseio prático, aumentando a produtividade no cálculo de demandas segundo as normas da CEB e dimensionamentos básicos segundo a NBR 5410 e com isso facilitando o trabalho do projetista de instalações elétricas.

O aplicativo foi desenvolvido em Microsoft Excel. Portanto, é necessário para o correto funcionamento, ter instalado no computador no qual o aplicativo será executado o pacote Microsoft Office. Para outros programas de planilha eletrônica, pode ser que existam incompatibilidades devido ao uso da linguagem de programação VBA.

### **4.1 MANUSEIO DO APLICATIVO**

Ao se abrir o arquivo que contém o aplicativo, uma tela perguntando qual a resolução do monitor onde o programa está sendo utilizado aparecerá. Essa escolha de resolução faz-se necessária para que as telas do aplicativo fiquem corretamente distribuídas no monitor do usuário. Após a escolha, uma tela de apresentação será mostrada (figura 4.1). Nessa tela de apresentação além do nome do aplicativo e de um resumo dos objetivos os quais ele se propõe, estão presentes os nomes dos desenvolvedores, do professor orientador e três botões que ao serem clicados mostrarão as telas correspondentes àquele tipo de demanda. A aba aberta pelo botão verde será utilizada para o cálculo de demanda de unidades consumidoras individuais, regida pela NTD - 6.01. O botão amarelo abrirá a aba que permitirá o cálculo de demanda de prédios de múltiplas unidades consumidoras, regida pela NTD - 6.07. O botão azul levará para o cálculo da demanda

em unidades individuais que são atendidas em tensão primária, a norma NTD-6.05 define os parâmetros a serem calculados nessa situação.

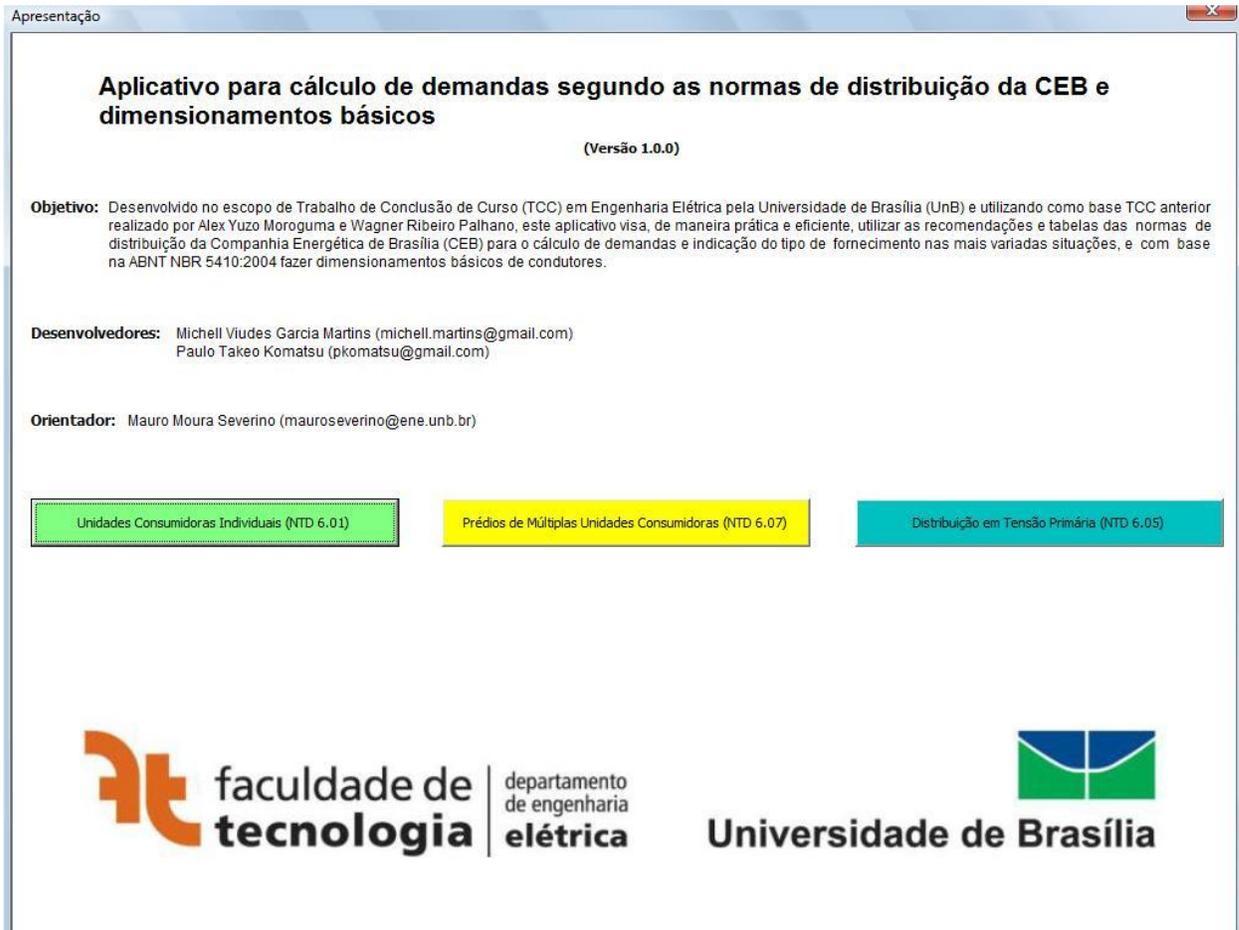


Figura 4.1 Tela de apresentação do aplicativo

De acordo com o botão selecionado, a tela para o cálculo daquele tipo de demanda será aberto.

### 4.1.1 Unidades Consumidoras Individuais (NTD – 6.01)

A tela inicial para esta seleção será a seguinte:

**Cálculo de Demandas**  
 Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

**Cálculo de Demanda para Unidades Consumidoras Individuais**  
 (Conforme NTD 6.01 da CEB, 2ª edição, dezembro de 2005)

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)** 1

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: 0 Unidade: kVA Fator de potência: 1,00

Atividade:  Residencial  Não-residencial Abatedouro de animais e conservas de carne

**Subdemanda b - aparelhos de aquecimento** 2

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:	Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:
0	0	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico
0	0	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico
0	0	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico
0	0	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico

**Subdemanda b - aparelhos de ar-condicionado**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: cv Rendimento: 1,00 Fator de potência: 1,00

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split

**Subdemanda c - motores monofásicos** 3

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: cv Rendimento: 0,70 Fator de potência: 0,80

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda c - motores trifásicos**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: cv Rendimento: 0,70 Fator de potência: 0,80

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)** 4

Potência da maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Potência da segunda maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do segundo maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Potência da terceira maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do terceiro maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Soma das potências das demais máquinas de solda (em kVA): 0 Soma das potências dos demais aparelhos de raios X (em kVA): 0

**Demandas (em kVA)** Demanda total = a + b + c + d

a = 0 b = 0 c = 0 d = 0 Demanda total = 0

Calcula Limpa

Figura 4.2 Aba para o cálculo de demanda para Unidades Consumidoras Individuais.

A área 1, demarcada em vermelho, é a parte que contém os dados necessários para o cálculo da subdemanda a (**iluminação e tomadas de uso geral**). A potência deve ser informada no campo definido, a unidade pode ser escolhida entre kVA e kW, o fator de potência deverá ser informado quando estiver habilitado pra edição (caso não seja necessário ser informado aparecerá desabilitado e com '---' em seu valor). Opta-se aqui também pela atividade da unidade consumidora, caso marcado o campo 'Não - Residencial' deve-se escolher por uma das atividades presentes na lista.

A área 2, em preto, corresponde as informações necessárias para o cálculo da subdemanda **b (aparelhos de aquecimento e ar-condicionado)**. A linha pontilhada é apenas uma maneira de evidenciar os termos inerentes a aparelhos de aquecimento e aparelhos de ar-condicionado. Para aparelhos de aquecimento, em ‘Quantidade’ deve ser dado o número de chuveiros correspondente a uma ‘Potência individual (em kVA)’ e a uma espécie (chuveiro elétrico, torneira elétrica, fogão elétrico, forno elétrico, [6], [7] e [8]). As espécies representadas por [6], [7] e [8] devem ser utilizadas para representar equipamentos não listados na norma. Por exemplo, há na instalação equipamentos de forno micro-ondas, este não está discriminado nas opções logo se deve utilizar algum dos números para representa-lo.

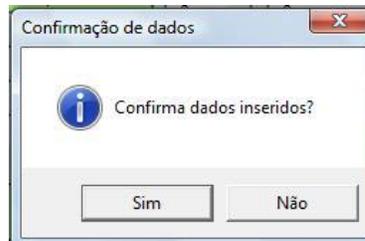
A unidade de potência, rendimento e fator de potência dos aparelhos de ar-condicionado podem ser dados ‘No conjunto’ ou ‘Individualmente’. A opção no conjunto é feita para que seja facilitado o preenchimento, pois o que for escolhido será utilizado para todos os equipamentos, ainda devem ser preenchidos a “Quantidade” de aparelhos que possuem determinada “Demanda Individual (em kVA)” e a sua espécie. Se a opção “Individualmente” tiver sido marcada, todos os dados deverão ser informados caso a caso. As unidades de potência disponíveis para escolha são BTU/h, cv, hp, kVA, kW e TR. As espécies disponíveis são janela ou *split* e central.

Os dados na área 3, em azul, são usadas para o cálculo da subdemanda **c (motores monofásicos e trifásicos)**. A linha pontilhada serve para que o fiquem evidenciados dados de motores monofásicos e motores trifásicos. O preenchimento se dá como o dos aparelhos de ar-condicionado. Pode-se optar por informar os dados de unidade de potência, rendimento e fator de potência dos motores ‘No conjunto’ ou ‘Individualmente’. Caso ‘Individualmente’ tenha sido escolhido e se a unidade de potência for o cv poderá ser utilizado o campo ‘Usar valor tabelado?’. Se marcado, serão buscados nas tabelas da NTD - 6.01 os valores do rendimento e do fator de potência, porém esses valores não poderão ser editados. As unidades de potência disponíveis para motores são cv, hp, kVA e kW. Motores monofásicos e trifásicos são preenchidos da mesma maneira.

A subdemanda **d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)** é obtida pelos dados fornecidos na área 4, em rosa. Potências (em kVA) das máquinas de solda são escritos nos

campos da esquerda e potências (em kVA) de aparelhos de raios X são informados nos campos a direita.

Completado o preenchimento deve-se clicar no botão 'Calcula'. Aparecerá então a seguinte mensagem:



*Figura 4.3 Mensagem de confirmação de dados*

(Caso o configuração do Windows do usuário esteja em inglês as opções serão Yes e No). Apertado o sim, a demanda é calculada. Apertado o não, pede-se para corrigir os dados.

Os resultados parciais (subdemandas) e a demanda total serão mostrados nos respectivos locais na parte vermelha no final da tela.

Para resultados de demanda entre 55 kVA e 65 kVA, sugere-se a mudança de cálculo para a aba que trata de Distribuição em Tensão Primária. Resultados acima de 65 kVA obrigatoriamente devem ser recalculados nessa aba.

Se a demanda for calculada sem restrição, ou seja, caso menor do que 65 kVA, é perguntado se o usuário deseja ver dados relativos ao dimensionamento. Se sim, deverá ser feita a escolha entre duas opções a respeito da localização dos cabos a serem dimensionados (antes ou após o ramal de entrada).



Figura 4.4. Localização dos cabos a serem dimensionados (antes ou após ramal de entrada).

Se o dimensionamento para o ramal de entrada for escolhido, será mostrada a seguinte janela:

The window 'Dimensionamento dos tipos de fornecimentos trifásicos' displays the following data:

Dimensionamento dos tipos de fornecimentos trifásicos	
Demanda (em kVA):	38,00
Tipo de fornecimento:	T3
Número de fases:	3
Número de fios:	4
Disjuntor (em A):	70
Aterramento (em mm <sup>2</sup> ):	16

RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO		RAMAL DE ENTRADA	
Seção do condutor (em mm <sup>2</sup> ):	Q 35	Seção dos condutores de cobre (em mm <sup>2</sup> ):	3 # 25
Seção do condutor (em AWG):	Q 4	Seção do condutor neutro (em mm <sup>2</sup> ):	25
		Eletrodutos DN - diâmetro nominal (em mm)	40

Figura 4.5. Dimensionamento para ramal de entrada.

Não é necessário o preenchimento de nenhum campo, os dados mostrados já são finais.

Se o dimensionamento para cabos após o ramal de entrada for escolhido, a seguinte janela a seguir aparecerá:

Dimensionamento básico

### Dimensionamento básico de cabos para circuito interno

(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Qual método de dimensionamento será utilizado?  Método da queda de tensão  Método do aquecimento

#### Dados Gerais

Demanda (em kVA): 30,00 Tensão de linha (em V): Corrente de projeto Ib (em A):

#### Método da queda de tensão

Queda de tensão admissível em (%):  
Comprimento do circuito (em m):  
Material do eletroduto: Material magnético  
Fator de potência: 0,8

#### Método do aquecimento

Método de referência: B1   
Isolação: PVC Material do condutor: cobre  
Tipo de cabo: unipolar Número total de circuitos ou cabos multipolares: 1  
Condutores em eletrodutos? Não Condutores enterrados? Não  
Condutores carregados: 3 Temperatura ambiente (em °C): 15  
Forma de agrupamento dos condutores:  
Quantidade de camadas de condutores:  
Espaçamento entre cabos diretamente enterrados: Nulo  
Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 1  
Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1  
Resistividade térmica do solo em (K.m/W): 2,5

**Resultados parciais:**  
Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>):  
Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>):  
Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>):

**Resultados finais:**  
Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>):  
Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>):

Figura 4.6. Dimensionamento de cabos para circuito interno.

Escolhe-se qual será o método utilizado para o dimensionamento dos cabos, Método da queda de tensão, Método do aquecimento ou ambos. Preenche-se o valor da tensão de linha, a corrente de projeto é calculada pelo aplicativo. Se apenas o método da queda de tensão for escolhido, os campos da área vermelha estarão habilitados para edição. ‘Queda de tensão admissível em (%)’ (até o limite de 7,5%), ‘Comprimento do circuito (em m)’, ‘Material do eletroduto’ (Material

magnético ou material não magnético) e ‘Fator de potência’ (0,8 ou 0,95) deverão ser informados.

Se o método do aquecimento foi o escolhido, apenas os campos da área em azul estarão habilitados e deverão ser informados o ‘Método de Referência’ (O botão ‘Ver esquemas ilustrativos’ mostra todas as figuras dos métodos de referência para auxiliar na escolher), ‘Isolação’ (PVC ou EPR/XLPE), ‘Material do condutor’ (cobre ou alumínio), ‘Tipo de cabo’ (unipolar ou multipolar), ‘Número de circuitos ou cabos multipolares’, ‘Condutores em eletrodutos?’ (sim ou não), ‘Condutores enterrados’ (sim ou não), ‘Condutores carregados’ (3 ou 4), ‘Temperatura ambiente (ou do solo) em °C’, ‘Forma de agrupamento dos condutores’, ‘Quantidade de camadas de condutores’, ‘Espaçamento entre cabos diretamente enterrados’, ‘Número de eletrodutos dispostos horizontalmente’, ‘Número de eletrodutos dispostos verticalmente’ e ‘Resistividade térmica do solo em (K.m/W)’. Mas dependendo das escolhas alguns desses campos não poderão ou não deverão ser informados, ficando desabilitados.

Se ambos os métodos forem escolhidos, preenchem-se os dois lados. Será escolhida como resposta o método que resultar nas maiores seções nominais.

## 4.1.2 Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD – 6.07)

A tela inicial para esta seleção será a seguinte:

**Cálculo de Demandas**

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras

(Conforme NTD 6.07 da CEB, 2ª edição, julho de 2011)

Tipo de uso do edifício:  Residencial  Não-residencial  Misto

**Subdemanda  $D_1$  (unidades residenciais)**

Há unidades residenciais de áreas diferentes no edifício?  Sim  Não

Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0
Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0
Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0
Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0

**Subdemanda  $D_2$  - iluminação e tomadas de uso geral do condomínio**

Carga de iluminação: 0 Unidade: kVA Fator de potência: ---

Carga de tomadas: 0 Unidade: kVA Fator de potência: ---

**Subdemanda  $D_3$  - motores monofásicos do condomínio**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda  $D_3$  - motores trifásicos do condomínio**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda  $D_3$  (unidades não-residenciais)**

Há mais de um tipo de unidade não-residencial no prédio?  Sim  Não

Quantos tipos de unidades não-residenciais diferentes há no prédio? 1

Unidade do tipo 1:  
Atividade: Bancos, Lojas e semelhantes Número de unidades: 1 Inserir/Editar

Unidade do tipo 2:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 3:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 4:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 5:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 6:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

Unidade do tipo 7:  
Atividade: Número de unidades: 0 Inserir/Editar

**Demandas (em kVA)**

**Demanda total =  $D_1 + D_2 + D_3$**

$D_1 =$    $D_2 =$    $D_3 =$   **Demanda total =**

**Subdemandas de  $D_3$  (em kVA)**

$D_3 = a + b + c + d$   $a =$    $c =$    
 $b =$    $d =$

Calcula Limpa

Figura 4.7 Aba para o cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras.

A primeira pergunta presente nessa tela diz respeito ao tipo de uso do edifício. Se for um prédio puramente residencial, somente a área em laranja estará habilitada para ser preenchida. Se o edifício em questão for de uso não residencial, a área marcada em verde deverá ser completada. E se o uso misto for o escolhido então os dados das áreas laranja e verde deverão ser informados.

Para edifícios de uso residencial, são necessários serem informados apenas o número de apartamentos, suas respectivas áreas úteis (se houverem apartamentos com áreas diferentes, o aplicativo calcula a área útil equivalente fazendo a média ponderada entre áreas e números de apartamentos) e os dados do condomínio: ‘Carga de iluminação’, ‘Carga de tomadas’ e os dados dos motores. As cargas de iluminação e tomadas podem ser informadas em kVA ou em kW, se

informadas em kW também deverá ser dado o fator de potência. Os motores devem ser preenchidos do mesmo modo da subdemanda **c** para unidades consumidoras individuais.

Para prédios não residenciais, preenche-se os dados do condomínio da mesma maneira e responde-se se há mais de 1 tipo de unidade não residencial no prédio. Se não existirem mais de um tipo, apenas os campos relativos a 'Unidade do tipo 1' deverão ser preenchidos. Caso existam mais tipos, deverão completados todos os campos. O número máximo de tipos diferentes que podem ser escolhido é 7. Escolhe-se a atividade e depois o número de unidades. Para inserir as cargas do conjunto de unidades daquele tipo clica-se no botão 'Inserir/Editar' e então uma janela irá se abrir, nela deverão ser informados todos os dados relativos aquele conjunto. Esse botão também é utilizado no caso de se desejar alterar algum dado já fornecido.

O preenchimento dos dados da janela que se abre é quase idêntico ao realizado para unidades consumidoras individuais. As duas únicas diferenças são: Para a subdemanda **a** (relativa a iluminação) não existe a opção residencial e há um maior número nas espécies de aparelhos de aquecimento. Após a inserção dos dados a janela é fechada.

Repete-se o processo até que todas as informações dos tipos de unidades não residenciais tenham sido dadas.

Cálculo de demandas  
Unidades não-residenciais 1

### Cargas da unidade não-residencial do tipo 1

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral:  Unidade:  Fator de potência:

Atividade:  Número de Lojas:

**Subdemanda c - motores monofásicos**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade:  Rendimento:  Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>

**Subdemanda b - aparelhos de aquecimento**

Potência individual		Potência individual	
Quantidade: (em kVA):	Espécie:	Quantidade: (em kVA):	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> chuveiro elétrico

**Subdemanda c - motores trifásicos**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade:  Rendimento:  Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,80"/>	<input type="text" value="bomba d'água"/>

**Subdemanda b - aparelhos de ar-condicionado**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade:  Rendimento:  Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>

**Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)**

Potência da maior máquina de solda (em kVA):  Potência do maior aparelho de raios X (em kVA):

Potência da segunda maior máquina de solda (em kVA):  Potência do segundo maior aparelho de raios X (em kVA):

Potência da terceira maior máquina de solda (em kVA):  Potência do terceiro maior aparelho de raios X (em kVA):

Soma das potências das demais máquinas de solda (em kVA):  Soma das potências dos demais aparelhos de raios X (em kVA):

Figura 4.8 Janela para a inserção das cargas de unidades não residenciais de determinado tipo.

Para prédios de uso misto o preenchimento dos dados nada mais é do que a junção do modo de preenchimento para prédio de uso residencial e prédios de uso não residencial.

A confirmação de dados também está presente nessa aba após se clicar em ‘Calcula’ e as mesmas perguntas e opções de dimensionamentos estão presentes.

### 4.1.3 Distribuição em Tensão Primária (NTD – 6.05)

Há duas maneiras básicas de se alcançar essa aba. A primeira, advindo da tela de apresentação, ou seja, já querendo fazer o cálculo de demanda seguindo a NTD – 6.05. A segunda forma é após se obter uma demanda muito grande após feito o cálculo seguindo a NTD - 6.01. Quando calculada utilizando a aba de Unidades Consumidoras Individuais a demanda é superior a 55

kVA, já é sugerido ao usuário a utilização do cálculo em Distribuição em Tensão Primária e quando o resultado é superior a 65 kVA essa mudança torna-se obrigatória.

A tela inicial para esta seleção será a seguinte:

**Cálculo de Demandas**

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Distribuição em Tensão Primária

(Conforme NTD 6.05 da CEB, 2ª edição, agosto de 2012)

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral:  Unidade:  Fator de potência:

Atividade:

**Subdemanda b (aparelhos de aquecimento)**

Potência individual		Espécie:		Potência individual		Espécie:	
Quantidade: (em kVA):				Quantidade: (em kVA):			
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	

**Subdemanda c (aparelhos de ar-condicionado)**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade:  Rendimento:  Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>

**Subdemanda d (bombas d'água)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

**Subdemanda e (elevadores)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

**Subdemanda f (motores)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[1]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[2]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[3]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[4]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[5]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[6]"/>

**Subdemanda g (outras cargas)**

Carga	Potência (em kVA):	Fator de demanda:
Carga 1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 3	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1,00"/>

**Demandas**

Demanda total =  $0,77 \cdot a' + 0,7 \cdot b + 0,95 \cdot c + 0,59 \cdot d + 1,2 \cdot e + F + G$   $a' = a / (\text{fator de potência})$

a =  kVA    c =  kW    e =  kW    G =  kVA    Demanda total =  kVA

b =  kVA    d =  kW    F =  kVA

Figura 4.9 Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária.

O preenchimento dessa aba é muito parecido com o da aba de Unidades Consumidoras Individuais. Inclusive, quando o usuário é migrado, por escolha (demandas entre 55 kVA e 65 kVA) ou de maneira compulsória (demandas maiores que 65 kVA), da aba relativa a NTD - 6.01 para esta, os dados necessários já vem preenchidos, cabendo apenas uma simples conferência e confirmação dos dados após pressionar o botão 'Calcula'.

Como explicado no Capítulo 3, as diferenças aqui estão relacionadas a separação dos aparelhos de aquecimento e de ar-condicionado em duas subdemandas diferentes e a independência das

bombas d'água e elevadores, que deixam de ser espécies de motores para também se tornarem subdemandas.

Ao contrário das outras duas abas, apenas um tipo de dimensionamento é possível aqui. A NTD-6.05 não oferece subsídios para o dimensionamento para ramal de entrada, cabendo apenas o dimensionamento após o ramal.

## 4.2 EXEMPLOS

Nesta seção serão apresentados alguns exemplos de cálculos de demandas e dimensionamentos básicos. Em todos os exemplos as respostas serão calculadas passo a passo e será mostrada também a sua resolução via aplicativo para que seja constatada a facilidade e praticidade que o seu uso ocasiona.

### Exemplo1

Suponha uma residência com fornecimento de energia por ramal de ligação independente. Essa residência possui as seguintes cargas instaladas: potência de iluminação e tomadas de 9,5 kVA com fator de potência 0,9; 2 chuveiros de 2,5 kW ; 3 chuveiros de 4,4kW; 2 torneiras elétricas de 1,5 kW; 1 torneira elétrica de 2 kW; sauna a vapor de 7 kVA; 1 ar-condicionado de 18000 BTU/h com rendimento ( $\eta$ ) igual a 70% e fator de potência 0,8; 2 ar-condicionado de 0,75 cv com rendimento ( $\eta$ ) igual a 60% e fator de potência 0,6; 2 bombas d'água (sendo 1 reserva) de 1,5 cv; 2 motores monofásico de 1 hp rendimento ( $\eta$ ) igual a 68% e fator de potência 0,71 e 1 motor trifásico de 3 kW com rendimento ( $\eta$ ) igual a 70% e fator de potência 0,8.

Utiliza-se a NTD-6.01 para a resolução desse exemplo.

Iluminação: 9,5 kVA, f.p.= 0,9

Aquecedores: 2 chuveiros de 2,5 kW  
3 chuveiros de 4,4 kW  
2 torneiras elétricas de 1,5 kW  
1 torneira elétrica de 2kW  
1 sauna de 7 kVA

Ar-condicionado: 1 de 18000 BTU/h, rendimento = 70% e f.p.=0,8  
2 de 0,75 cv, rendimento = 60% e f.p. = 0,6

Motores monofásicos: 2 bombas d'água (1 reserva) de 1,5 cv  
2 motores monofásicos de 1 hp, rendimento 68% e f.p.=0,71

Motor trifásico: 1 motor trifásico de 3kW, rendimento 70% e f.p.=0,8

### **Cálculo da subdemanda a:**

Iluminação e tomadas:

9,5 kVA transformando para kW para utilizar a tabela 5 tem-se :  $9,5 \times 0,9 = 8,55 \text{ kW}$

$$1 \times 0,86 + 1 \times 0,75 + 1 \times 0,66 + 1 \times 0,59 + 1 \times 0,52 + 1 \times 0,45 + 1 \times 0,40 + 1 \times 0,35 + 1 \times 0,35 \\ + 1 \times 0,31 \times 0,55 = 4,75 \text{ kVA}$$

### **Cálculo da subdemanda b:**

Aparelhos de Aquecimento:

Utilizando a tabela 03 e fazendo uma a média ponderada para a obtenção do fator de demanda dos chuveiros e das torneiras.

Para chuveiros:

$$\frac{3 \times 0,45 + 2 \times 0,62}{5} = 0,518$$

Para torneiras: como as potências são todas abaixo de 3,5 kW o fator de demanda utilizado é de 0,7.

$$[(2 \times 2,5) + (3 \times 4,4)] \times 0,518 + 7 \times 1 + [(2 \times 1,5) + (1 \times 2,0)] \times 0,7 = 19,93kVA$$

Aparelhos de ar-condicionado:

Primeiramente é necessário converter as potências fornecidas dos aparelhos para kW

Primeiro aparelho:  $18000 \text{ BTU/h} = 18000 \times 0,0003985 = 7,173 \text{ cv}$

$$P_{kW} = \frac{7,173 \times 0,7355}{0,7} = 7,5368 \text{ kW}$$

Segundo aparelho 0,75 cv

$$P_{kW} = \frac{0,75 \times 0,7355}{0,6} = 0,9194 \text{ kW}$$

Pela tabela 03 faz-se a média ponderada para o número total de aparelhos de ar-condicionado, para determinar o fator de demanda.

Fator de demanda:

$$\frac{(2 \times 0,9 + 1 \times 0,85)}{3} = 0,8833$$

De tal maneira que,

$$\left[ \left( \frac{1 \times 7,5368}{0,8} \right) + \left( \frac{2 \times 0,9194}{0,6} \right) \right] \times 0,8833 = 11,0286$$

Portanto, subdemanda b = 19,93 + 11,0286 = 30,9586 kVA.

### Cálculo da subdemanda c:

Primeiramente converte-se todas as unidades de motor para cavalo.

$$1 \text{ hp} = 1,0139 \text{ cv}$$

$$3 \text{ kW} = (3 \times 0,7)/0,7355 = 2,855 \text{ cv}$$

Motores monofásicos (utilizando a tabela 08 e 09 da NTD – 6.01 para a obtenção do Fu e do Fs)

$$\left(\frac{1,5 \times 0,7355}{0,72 \times 0,85}\right) \times 0,7 \times 1 + 2 \times \left(\frac{1,0139 \times 0,7355}{0,68 \times 0,71}\right) \times 0,7 \times 0,85 = 3,0999 \text{ kVA}$$

Motor trifásico (utilizando a tabela 8 e 9 da NTD – 6.01 para a obtenção do Fu e do Fs)

$$1 \times \left(\frac{2,855 \times 0,7355}{0,7 \times 0,8}\right) \times 0,83 \times 1 = 3,1123 \text{ kVA}$$

Somando os dois motores tem-se que a subdemanda c = 6,2122 kVA

Portanto,

$$D = a + b + c$$

$$D = 4,75 + 30,9586 + 6,2122$$

$$D = 41,9208 \text{ kVA}$$

Alocando todos os dados no aplicativo e calculando a demanda:

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Unidades Consumidoras Individuais

(Conforme NTD 6.01 da CEB, 2.ª edição, dezembro de 2005)

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: 9,5 Unidade: kVA Fator de potência: 0,9

Atividade:  Residencial  Não-residencial Abatedouro de animais e conservas de carne

**Subdemanda b - aparelhos de aquecimento**

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:	Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Espécie:
2	2,5	chuveiro elétrico	1	7	[6]
3	4,4	chuveiro elétrico	0	0	chuveiro elétrico
2	1,5	torneira elétrica	0	0	chuveiro elétrico
1	2	torneira elétrica	0	0	chuveiro elétrico

**Subdemanda b - aparelhos de ar-condicionado**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: --- Rendimento: --- Fator de potência: ---

Quantidade:	Potência individual (em kVA):	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
1	18000	BTU/h	0,7	0,8	janela ou split
2	0,75	cv	0,6	0,6	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split

**Subdemanda c- motores monofásicos**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: --- Rendimento: --- Fator de potência: ---

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
1	1,5	cv	<input checked="" type="checkbox"/>	0,72	0,85	bomba d'água
2	1	hp	<input type="checkbox"/>	0,68	0,71	[3]
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda c- motores trifásicos**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade: kW Rendimento: 0,70 Fator de potência: 0,80

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
1	3	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	[4]
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	kW	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)**

Potência da maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Potência da segunda maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do segundo maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Potência da terceira maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do terceiro maior aparelho de raios X (em kVA): 0

Soma das potências das demais máquinas de solda (em kVA): 0 Soma das potências dos demais aparelhos de raios X (em kVA): 0

**Demanda (em kVA)**

$Demanda\ total = a + b + c + d$

a = 4,75    b = 30,96    c = 6,21    d = 0,00    Demanda total = 41,92

Calcula    Limpa

1Figura 4.10 Aba para o cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária

Dimensionando considerando a demanda calculada para o ramal de entrada:

Dimensionamento dos tipos de fornecimentos trifásicos

### Dimensionamento dos tipos de fornecimentos trifásicos

Demanda (em kVA): 41,92

Tipo de fornecimento: T3

Número de fases: 3

Número de fios: 4

Disjuntor (em A): 70

Aterramento (em mm<sup>2</sup>): 16

**RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO**

Seção do condutor (em mm<sup>2</sup>): Q 35

Seção do condutor (em AWG): Q 4

**RAMAL DE ENTRADA**

Seção dos condutores de cobre (em mm<sup>2</sup>): 3 # 25

Seção do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): 25

Eletrodutos DN - diâmetro nominal (em mm): 40

Figura 4.11 Dimensionamento para ramal de entrada

Dimensionando agora considerando a demanda calculada para um circuito após o ramal de entrada:

Dimensionamento de cabos pelo método da queda de tensão e pelo método de aquecimento com os seguintes dados: queda de tensão admissível = 1%; comprimento do circuito = 50 m; material do eletroduto - material magnético; fator de potência 0,8; isolamento – PVC; método de referencia - cabos unipolares em eletrodutos de seção circular embutido em alvenaria (B1); material do condutor – cobre; temperatura ambiente = 25 °C; número de eletrodutos dispostos horizontalmente =2; número de eletrodutos dispostos verticalmente =1. condutores não estão enterrados; número de condutores carregados =4; os condutores estão agrupados em 3 camadas e há mais um circuito ou cabo multipolar próximo.

#### **Método da queda de tensão:**

Queda de tensão admissível (%) = 1%

Comprimento do circuito = 50 m

Material do eletroduto : material magnético

Fator de potência: 0,8

Primeiramente calcula-se a corrente de projeto ( $I_b$ )

$$I_b = \frac{41,92 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 63,69 \text{ A}$$

Com a corrente de projeto a queda de tensão pode ser calculada:

$$\text{Queda de tensão} = \frac{380 \times 0,01}{50 \times 10^{-3} \times 63,69} = 1,1933 \text{ V}/(\text{km} \times \text{A})$$

Pela tabela da queda de tensão em anexo, a seção nominal das fases é de **35 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 48 da NBR 5410 a seção do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 58 da NBR 5410 a seção do condutor de proteção é de **16 mm<sup>2</sup>**

## **Método do aquecimento:**

Método de referência: B1

Isolação: PVC

Tipo de cabo: unipolar

Material do condutor: cobre

Número total de circuitos ou cabos multipolares: 2

Condutores em eletrodutos? Sim

Condutores enterrados? Não

Temperatura ambiente: 25 °C

Forma de agrupamento de condutores: camadas

Quantidade de camadas de condutores: 3

Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 2

Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1

Cálculo de  $k_1$

Como a temperatura ambiente é de 25 °C, pela tabela 40  $k_1=1,06$ .

Cálculo de  $k_2$

Como o número total de circuitos ou cabos multipolares é igual a 2,  $k_2 \neq 1$ .

Como a forma de agrupamento é camadas, e o número de camadas é igual a 3 pela tabela 43 da NBR 5410,  $k_2 = 0,62$ .

Cálculo de  $k_3$

Como há condutores em eletrodutos,  $k_3 \neq 1$ . O número de eletrodutos dispostos horizontalmente é igual a 2 e o número de eletrodutos verticalmente é igual a 1, pela tabela 4.13 em anexo tempo que  $k_3 = 0,94$ .

Cálculo de  $k_4$

Como não há condutores enterrados  $k_4 = 1$ .

Cálculo da corrente de projeto

$$I'_b = \frac{pI_b}{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4} = \frac{63,69}{1,06 \times 0,62 \times 0,94 \times 1} = 103,097 \text{ A}$$

Como são 4 o número de condutores,  $I_b'$  é multiplicado por 0,86,

$$I''_b = 103,097 \times 0,86 = 88,66 \text{ A}$$

Portanto, o valor da corrente de projeto corrigida é  $I_b' = 88,66 \text{ A}$

Considerando que a isolação é em PVC e o método de referência é o B1, pela tabela 36 da NBR 5410 a seção do condutor de fase é de **25 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 48 da NBR 5410 a seção nominal do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 52 da NBR 5410 a seção do condutor de proteção é de **16 mm<sup>2</sup>**.

A resposta é aquela cuja seção nominal do condutor de fase é a maior. Portanto para esse exemplo:

A seção nominal do condutor de fase é de **35mm<sup>2</sup>**.

A seção nominal do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**.

A seção do condutor de proteção é de **16 mm<sup>2</sup>**.

Calculando o dimensionamento pelo aplicativo:

Dimensionamento básico

### Dimensionamento básico de cabos para circuito interno

(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Qual método de dimensionamento será utilizado?  Método da queda de tensão  Método do aquecimento

#### Dados Gerais

Demanda (em kVA): 41,92 Tensão de linha (em V): 380 Corrente de projeto Ib (em A): 63,69

#### Método da queda de tensão

Queda de tensão admissível em (%): 1

Comprimento do circuito (em m): 50

Material do eletroduto: Material magnético

Fator de potência: 0,8

#### Método do aquecimento

Método de referência: B1 Ver esquemas ilustrativos

Isolação: PVC Material do condutor: cobre

Tipo de cabo: unipolar Número total de circuitos ou cabos multipolares: 2

Condutores em eletrodutos? Sim Condutores enterrados? Não

Condutores carregados: 4 Temperatura ambiente (em °C): 25

Forma de agrupamento dos condutores: Casadas

Quantidade de camadas de condutores: 3

Espaçamento entre eletrodutos enterrados: Nulo

Número de eletrodutos dipostos horizontalmente: 2

Número de eletrodutos dipostos verticalmente: 1

Resistividade térmica do solo em (K.m/W): 2,5

**Resultados parciais:**

Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): 35,0

Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): 25,0

Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): 16,0

**Resultados parciais:**

Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): 25,00

Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): 25,00

Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): 16,00

**Resultados finais:**

Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): **35,00** Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): **25,00**

Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): **16,00** Dimensionar

Figura 4.12 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD - 6.0.1

Como pode ser observado para este exemplo todos os valores de subdemandas, demanda e dimensionamentos calculados e obtidos por intermédio do aplicativo foram compatíveis.

## Exemplo 2

Considere agora um edifício de uso misto, ou seja, possui unidades residenciais e não residenciais, com 15 apartamentos de 98 m<sup>2</sup>, 1 coberturas com 178 m<sup>2</sup>, 5 salas comerciais, 1 padaria e 1 salão de beleza. Com as seguintes características:

Área comum

Iluminação: 16 kW , fator de potência 0,9

Tomadas: 5 kW, fator de potência 0,9

Motores monofásicos: 3 bombas d'água de 1cv (1 reserva), rendimento 74% e fator de potência 0,77;

1 bomba de esgoto de 2 cv

Salas comerciais

Iluminação e tomadas: 7 kVA

Torneira elétrica: 1,1 kVA

Microondas: 2,2 kVA

Ar-condicionado: 10000 BTU/h, rendimento 70%, fator de potência 0,8

Padaria

Iluminação e tomadas: 12 kW, fator de potência 0,9

Chuveiro: 1 x 4,4 kVA

Torneira elétrica: 2 x 2,2 kVA

Ar-condicionado: 4 x 12000 BTU/h, rendimento 67% e fator de potência 0,78

Motor monofásico: 2 x 1,5 cv, rendimento 72% e fator de potência 0,85

Motor trifásico: 1 x 4 cv, rendimento 80% e fator de potência 0,75

Salão de beleza

Iluminação e tomadas: 14 kVA

Chuveiro: 2 x 3,8 kVA

Torneira elétrica: 2 x 2,2 kVA e 2 x 3,2 kVA

Ar-condicionado: 2 x 18000 BTU/h, rendimento 71% e fator de potência 0,74

Motor monofásico: 2 x 3 cv, rendimento 76% e fator de potência 0,88, com mesma espécie dos motores da padaria.

Motor trifásico: 2 x 2 kW, rendimento 81% e fator de potência 0,96 de uma espécie diferente do motor trifásico da padaria.

### **Cálculo da demanda**

#### **Parte residencial**

$$D_1 = 1,2 \times f \times a$$

Como possui unidades com áreas úteis diferentes faz-se uma média ponderada para a área:  $(15 \times 98 + 1 \times 178)/16 = 103 \text{ m}^2$ . Pela tabela 12 da NTD - 07 tem-se que o valor de “a” é de 2,21. Como o número total de apartamentos é 16, pela tabela 13 “f” é igual a 14,32, seguindo:

$$D_1 = 1,2 \times 2,21 \times 14,32 = 37,9766 \text{ kVA}$$

Para o condomínio calcula-se a subdemanda  $D_2$ . Primeiramente é necessário converter os dados de iluminação e tomadas para kVA.

Iluminação:  $16/0,9 = 17,78 \text{ kVA}$

Tomadas:  $5/0,9 = 5,56 \text{ kVA}$

Para iluminação a demanda é calculada da seguinte maneira: 100% para os primeiros 10 kVA e 25% para os demais. Então:  $10 + 7,78 \times 0,25 = 11,945 \text{ kVA}$ .

Para a carga de tomadas a demanda é calculada pegando 20% da carga total. Daí a demanda será  $0,2 \times 5,56 = 1,112 \text{ kVA}$ .

Motores monofásicos:

Bombas d`água:

$$2 \times \left( \frac{1 \times 0,7355}{0,77 \times 0,74} \right) \times 0,70 \times 0,85 = 1,536 \text{ kVA}$$

para esse cálculo foram utilizados os fatores de demanda e de utilização encontrados nas tabelas 8 e 9 da norma. OBS: como o número de motores igual a 3 não é um valor tabelado, o valor utilizado foi o de 2 motores.

Bombas de esgoto: utilizando a tabela 7 tem-se que o rendimento de um motor monofásico é 71% e o fator de potência é 0,84. Novamente, os valores de demanda e utilização foram obtidos na tabela 8 e 9. Com esses valores chega-se ao seguinte resultado:

$$1 \times \left( \frac{2 \times 0,7355}{0,71 \times 0,84} \right) \times 0,7 \times 1 = 1,7265 \text{ kVA}$$

Tem-se:

$$D_2 = 11,945 + 1,112 + 1,536 + 1,7265 = 16,32 \text{ kVA}$$

### **Cálculo da demanda da área comercial**

#### **Subdemanda a**

Utilizando a tabela 1 da norma 6.07 são obtidos os fatores de demanda para cada tipo de estabelecimento e os seguintes valores para a subdemanda a são calculados:

Lojas

$$a = 7 \times 0,75 \times 5 = 26,25 \text{ kVA}$$

Padaria

$$a = \frac{12}{0,9} \times 0,7 \times 1 = 9,333 \text{ kVA}$$

Salão

$$a = 14 \times 1 = 14 \text{ kVA}$$

Somando os valores a subdemanda a será igual a:

$$a = 26,25 + 9,333 + 14 = 49,583 \text{ kVA}$$

#### **Subdemanda b**

Chuveiros

Como o número total de chuveiros é igual a 3, pela tabela 3 da norma 6.07 o fator de demanda é 0,56. Portanto a demanda para os chuveiros será:

$$(2 \times 3,8) \times 0,56 + (1 \times 4,4) \times 0,56 = 6,72 \text{ kVA}$$

Torneiras elétricas

Como o número total de torneiras elétricas é igual a 11, pela tabela 3 o fator de demanda é igual a 0,46. Portanto a demanda para as torneiras será:

$$(5 \times 1,1) \times 0,46 + (2 \times 2,2) \times 0,46 + [(2 \times 2,2) + (2 \times 3,2)] \times 0,46 = 9,522 \text{ kVA}$$

Microondas

Como o número total de microondas é igual a 5, pela tabela 3 o fator de demanda é igual a 0,37. Portanto a demanda para os aparelhos de microondas será:

$$0,37 \times 5 \times 2,2 = 4,07 \text{ kVA}$$

Aparelhos de ar-condicionado

Como o número total de aparelhos é igual a 13, pela tabela 3 o fator de demanda será igual a 0,9. Primeiramente é necessário converter as potências de BTU para kVA.

$$10000 \text{ BTU/h} = 10000 \times 0,0003985 = 3,985 \text{ cv}$$

$$P_{kVA} = \frac{3,985 \times 0,7355}{0,7 \times 0,8} = 5,234 \text{ kVA}$$

$$12000 \text{ BTU/h} = 12000 \times 0,0003985 = 4,782 \text{ cv}$$

$$P_{kVA} = \frac{4,782 \times 0,7355}{0,67 \times 0,78} = 6,7301 \text{ kVA}$$

$$18000 \text{ BTU/h} = 18000 \times 0,0003985 = 7,173 \text{ cv}$$

$$P_{kVA} = \frac{7,173 \times 0,7355}{0,71 \times 0,74} = 10,041 \text{ kVA}$$

Portando a demanda para os aparelhos de ar-condicionado será:

$$(5 \times 5,234) \times 0,9 + (4 \times 6,7301) \times 0,9 + (2 \times 10,041) \times 0,9 = 65,852 \text{ kVA}$$

Somando todos os aparelhos de aquecimento e ar-condicionado a subdemanda b será igual a:

$$b = 6,72 + 9,522 + 4,07 + 65,852 = 86,164 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda c**

Motores monofásicos

Como os motores monofásicos tanto da padaria quanto o do salão são da mesma espécie pode-se agrupá-los a fim de se obter um fator de demanda em comum. Utilizando as tabelas 8 e 9 são obtidos os fatores de utilização e de simultaneidade resultando na seguinte demanda:

Padaria

$$2 \times \left( \frac{1,5 \times 0,7355}{0,72 \times 0,85} \right) \times 0,7 \times 0,851 = 2,1477 \text{ kVA}$$

Salão

$$2 \times \left( \frac{3 \times 0,7355}{0,76 \times 0,88} \right) \times 0,83 \times 0,851 = 4,6606 \text{ kVA}$$

Motores trifásicos

Como são de espécies diferentes, não se pode agrupar os motores. Utilizando as mesmas tabelas usadas acima:

Padaria

$$1 \times \left( \frac{4 \times 0,7355}{0,8 \times 0,75} \right) \times 0,83 \times 1 = 4,0698 \text{ kVA}$$

Salão

No caso do salão como a potência foi dada em kW é necessário convertê-la para cv.

$2,0 \text{ kW} = (2 \times 0,81) / 0,7355 = 2,203 \text{ cv}$ . Com esse valor calcula-se a demanda:

$$2 \times \left( \frac{2,203 \times 0,7355}{0,81 \times 0,96} \right) \times 0,70 \times 0,85 = 2,4796 \text{ kVA}$$

Somando a demanda de todos os motores é obtida a subdemanda c:

$$c = 2,1477 + 4,6606 + 4,0698 + 2,4796 = 13,3577 \text{ kVA}$$

Portanto da demanda total será:

$$D = 37,98 + 16,32 + 49,583 + 86,164 + 13,3577 = 203,4047 \text{ kVA}$$

Calculando a demanda pelo aplicativo:

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras

(Conforme NTD 6.07 da CEB, 2.ª edição, julho de 2011)

Tipo de uso do edifício:  Residencial  Não-residencial  Misto

#### Subdemanda $D_1$ (unidades residenciais)

Há unidades residenciais de áreas diferentes no edifício?  Sim  Não

Quantidade de unidades residenciais:	15	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	98
Quantidade de unidades residenciais:	1	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	178
Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0
Quantidade de unidades residenciais:	0	Área útil (em m <sup>2</sup> ):	0

#### Subdemanda $D_2$ (unidades não-residenciais)

Há mais de um tipo de unidade não-residencial no prédio?  Sim  Não

Quantos tipos de unidades não-residenciais diferentes há no prédio?

Unidade do tipo 1:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 2:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 3:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 4:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 5:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 6:

Atividade:  Número de unidades:

Unidade do tipo 7:

Atividade:  Número de unidades:

#### Subdemanda $D_2$ - iluminação e tomadas de uso geral do condomínio

Carga de iluminação:  Unidade:  Fator de potência:

Carga de tomadas:  Unidade:  Fator de potência:

#### Subdemanda $D_2$ - motores monofásicos do condomínio

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,74	0,77	bomba d'água
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,71	0,84	bomba de esgoto
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

#### Subdemanda $D_2$ - motores trifásicos do condomínio

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Demanda (em kVA)** **Demanda total =  $D_1 + D_2 + D_3$**

$D_1 =$ <input type="text" value="37,98"/>	$D_2 =$ <input type="text" value="16,32"/>	$D_3 =$ <input type="text" value="149,10"/>	<b>Demanda total =</b> <input type="text" value="203,40"/>
--	--	---	--

**Subdemanda de  $D_3$  (em kVA)**

$a =$ <input type="text" value="49,58"/>	$c =$ <input type="text" value="13,35"/>
$b =$ <input type="text" value="86,17"/>	$d =$ <input type="text" value="0,00"/>

Figura 4.13 Cálculo de demanda para Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras

Dimensionando considerando a demanda calculada para um circuito após o ramal de entrada:

Dimensionamento de cabos pelo método da queda de tensão e pelo método de aquecimento com os seguintes dados: queda de tensão admissível = 4%; comprimento do circuito = 150 m; material do eletroduto - material não magnético; fator de potência 0,95; método de referencia - cabos unipolares em eletrodutos de seção circular embutido em alvenaria (B1); material do condutor – alumínio; isolamento – PVC; temperatura do solo = 15 °C; números de eletrodutos dispostos horizontalmente = 3; número de eletrodutos dispostos verticalmente = 1; condutores estão enterrados; número de condutores carregados = 4; o espaçamento entre os eletrodutos enterrados é 0,25m; há mais dois circuitos ou cabos multipolares próximos e resistividade térmica do solo 2 K.m/W.

Dimensionamento de cabos.

### **Método da queda de tensão:**

Queda de tensão admissível (%) = 4%

Comprimento do circuito = 150 m

Material do eletroduto : material não magnético

Fator de potência: 0,95

Primeiramente é calculada a corrente de projeto ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{203,4 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 309,03 \text{ A}$$

Com a corrente de projeto calcula-se a queda de tensão:

$$\text{Queda de tensão} = \frac{380 \times 0,04}{150 \times 10^{-3} \times 309,03} = 0,328 \frac{\text{V}}{\text{km} \times \text{A}}$$

Pela tabela da queda de tensão em anexo, a seção nominal das fases é de **150 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 48 da NBR 5410 a seção do condutor neutro é de **70 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 58 da NBR 5410 e aproximando para a seção comercial disponível a seção do condutor de proteção é de **95 mm<sup>2</sup>**

### **Método do aquecimento**

Método de referência: B1

Isolação: PVC

Tipo de cabo: unipolar

Material do condutor: alumínio

Número total de circuitos ou cabos multipolares: 3

Condutores em eletrodutos? Sim

Condutores enterrados? Sim

Temperatura do solo: 15 °C

Espaçamento entre eletrodutos enterrados: 0,25 m

Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 3

Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 1

Resistividade térmica do solo: 2 K.m/W

Cálculo de  $k_1$

Como a temperatura solo é de 15 °C, pela tabela 40  $k_1=1,05$ .

Cálculo de  $k_2$

Como o número total de circuitos ou cabos multipolares é igual a 3,  $k_2 \neq 1$ .

Como os condutores estão enterrados e dentro de eletrodutos com espaçamento de 0,25m, pela tabela 45 da NBR 5410,  $k_2 = 0,8$ .

Cálculo de  $k_3$

Como há condutores em eletrodutos,  $k_3 \neq 1$ . O número de eletrodutos dispostos horizontalmente é igual a 3 e o número de eletrodutos verticalmente é igual a 1, pela tabela 4.14 em anexo tempo que  $k_3 = 0,77$ .

Cálculo de  $k_4$

Como a resistividade do solo é 2 K.m/W, pela tabela 41 da NBR 5410  $k_4 = 1,05$ .

Cálculo da corrente de projeto

$$Ip' = \frac{Ip}{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4} = \frac{309,03}{1,05 \times 0,8 \times 0,77 \times 1,05} = 455,03 \text{ A}$$

Como são 4 o número de condutores,  $Ip'$  é multiplicado por 0,86. Portanto, o valor utilizado da corrente de projeto corrigida é  $Ip' = 391,33 \text{ A}$ .

Considerando que a isolamento é em PVC e o método de referência é o B1, pela tabela 36 da NBR 5410 a seção nominal do condutor de fase é de **400 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 48 da NBR 5410 a seção nominal do condutor neutro é de **200 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 52 da NBR 5410 a seção do condutor de proteção é de **200 mm<sup>2</sup>**.

Opta-se sempre pelo condutor de maior seção. Portanto, os escolhidos são:

A seção nominal do condutor de fase é de **400 mm<sup>2</sup>**.

A seção nominal do condutor neutro é de **200 mm<sup>2</sup>**.

A seção do condutor de proteção é de **200 mm<sup>2</sup>**.

Calculando o dimensionamento pelo aplicativo:

**Dimensionamento básico de cabos para circuito interno**  
(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Qual método de dimensionamento será utilizado?  Método da queda de tensão  Método do aquecimento

**Dados Gerais**  
 Demanda (em kVA): 203,40      Tensão de linha (em V): 380      Corrente de projeto Ib (em A): 309,03

**Método da queda de tensão**  
 Queda de tensão admissível em (%): 4  
 Comprimento do circuito (em m): 150  
 Material do eletroduto: Material não-magnético  
 Fator de potência: 0,95

**Método do aquecimento**  
 Método de referência: B1      Ver esquemas ilustrativos  
 Isolação: PVC      Material do condutor: alumínio  
 Tipo de cabo: unipolar      Número total de circuitos ou cabos multipolares: 3  
 Condutores em eletrodutos? Sim      Condutores enterrados? Sim  
 Condutores carregados: 4      Temperatura do solo (em °C): 15  
 Forma de agrupamento dos condutores:  
 Quantidade de camadas de condutores:  
 Espaçamento entre eletrodutos enterrados: 0,25 m  
 Número de eletrodutos dipostos horizontalmente: 3  
 Número de eletrodutos dipostos verticalmente: 1  
 Resistividade térmica do solo em (K.m/W): 2,5

**Resultados parciais:**  
 Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): 150,0  
 Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): 70,0  
 Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): 95,0

**Resultados parciais:**  
 Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): 400,00  
 Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): 400,00  
 Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): 200,00

**Resultados finais:**  
 Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): **400,00**      Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): **400,00**  
 Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): **200,00**

Dimensionar

Figura 4.14 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD6.75

### Exemplo 3

Considere uma clínica médica com as seguintes cargas:

Iluminação e tomadas: 60 kVA, fator de potência 0,9;

Chuveiros: 6 x 2,5 kVA; 3 x 4,4 kVA

Torneiras elétricas: 12 x 2 kVA;

Microondas: 3 x 2,2 kVA;

Aparelhos de ar-condicionado: 3 x 18000 BTU/h, rendimento 79% e fator de potência 0,8;

4 x 1 cv, rendimento 67% e fator de potência 0,72;

3 x 1,5 hp, rendimento 60%, fator de potência 0,6;

Motores monofásicos: 2 bombas d`água (1 reserva) de 2 kW, rendimento 75% e fator de potência 0,72;

2 motores de 2,5 hp, rendimento 70% e fator de potência 0,8.

Motores trifásicos: 1 elevador de 5 cv, rendimento 70% e fator de potência 0,8;

3 motores trifásicos de 3,5 cv, com rendimento 74% e fator de potência 0,77;

Aparelhos de raios X: 1 x 15 kVA;

1 x 6,5 kVA;

Calculando a demanda utilizando a NTD - 6.01

### **Subdemanda a**

Por se tratar de uma clínica médica pode-se consultar a tabela 04 e enquadrá-la como hospital.

$$60 \times 0,5 = 30 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda b**

Aparelhos de aquecimento

Pela tabela 03, tem-se os fatores de demanda

$$(6 \times 2,5 + 3 \times 4,4) \times 0,467 + 12 \times 2 \times 0,45 + 3 \times 2,2 \times 0,7 = 28,31 \text{ kVA}$$

Aparelhos de ar-condicionado

Pela tabela 03 e fazendo-se as transformações de unidades pertinentes, tem-se os fatores de demanda:

$$\left[ 3 \times \frac{1800 \times 0,0003985}{0,79 \times 0,8} \times 0,7355 + 4 \times \left( \frac{1 \times 0,7355}{0,67 \times 0,72} \right) + 3 \times \left( \frac{1,5 \times 1,0139 \times 0,7355}{0,6 \times 0,6} \right) \right] \times 0,815 = 32,97 \text{ kVA}$$

Somando as duas parcelas:

$$b = 28,31 + 32,97 = 61,28 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda c**

Utilizando as tabelas 08 e 09 para a obtenção dos  $F_u$  e  $F_s$  e fazendo as transformações de unidades pertinentes, são calculadas as demandas dos motores.

Motores monofásicos:

$$1 \times \frac{2}{0,72} \times 0,7 \times 1 + 2 \times \frac{2,5 \times 1,0139 \times 0,7355}{0,7 \times 0,8} \times 0,83 \times 0,852 = 6,6259 \text{ kVA}$$

Motores trifásicos:

$$1 \times \frac{5 \times 0,7355}{0,7 \times 0,8} \times 0,83 \times 1 + 3 \times \frac{3,5 \times 0,7355}{0,74 \times 0,77} \times 0,83 \times 0,852 = 15,035 \text{ kVA}$$

Somando as duas parcelas:

$$c = 21,6879 \text{ kVA}$$

## Subdemanda d

$$d = 15 \times 1 + 6,5 \times 0,7 = 19,55 \text{ kVA}$$

Portanto, demanda total será

$$D = 30 + 61,28 + 21,6879 + 19,55 = 132,5179 \text{ kVA}$$

Calculando utilizando o aplicativo

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Unidades Consumidoras Individuais

(Conforme NTD 6.01 da CEB, 2.ª edição, dezembro de 2005)

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**  
 Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral: 60 Unidade: kVA Fator de potência: ---  
 Atividade:  Residencial  Não-residencial Hospital

**Subdemanda b - aparelhos de aquecimento**  

Quantidade	Potência individual (em kVA)	Espécie	Quantidade	Potência individual
6	2,5	chuveiro elétrico	0	0
3	4,4	chuveiro elétrico	0	0
12	2	torneira elétrica	0	0
3	2,2	[6]	0	0

**Subdemanda b - aparelhos de ar-condicionado**  
 Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  
 Unidade: --- Rendimento: --- Fator de potência: ---  

Quantidade	Potência individual	Unidade	Rendimento	Fator de potência	Espécie
3	18000	BTU/h	0,79	0,8	janela ou split
4	1	cv	0,67	0,72	janela ou split
3	1,5	hp	0,6	0,6	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split
0	0	cv	1,00	1,00	janela ou split

**Subdemanda c- motores monofásicos**  
 Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente  
 Unidade: --- Rendimento: --- Fator de potência: ---  

Quantidade	Potência individual	Unidade	Usar valor tabelado?	Rendimento	Fator de potência	Espécie
1	2	kW	<input type="checkbox"/>	0,75	0,72	bomba d'água
2	2,5	hp	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	[3]
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água
0	0	cv	<input type="checkbox"/>	0,70	0,80	bomba d'água

**Subdemanda d (máquinas de solda e equipamentos de raios X)**  
 Potência da maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do maior aparelho de raios X (em kVA): 15  
 Potência da segunda maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do segundo maior aparelho de raios X (em kVA): 6,5  
 Potência da terceira maior máquina de solda (em kVA): 0 Potência do terceiro maior aparelho de raios X (em kVA): 0  
 Soma das potências das demais máquinas de solda (em kVA): 0 Soma das potências dos demais aparelhos de raios X (em kVA): 0

**Demanda total = a + b + c + d**  
 a = 30,00 b = 61,28 c = 21,69 d = 19,55 Demanda total = 132,51

Calcula Limpa

**Aviso**

Valor da demanda calculada: 132,51 kVA.  
 Este valor de demanda está acima do limite para essa norma (65kVA). É NECESSÁRIO que a demanda seja calculada usando a NTD 6.05. Deseja calcular agora a demanda utilizando a NTD 6.05?

Sim Não

Figura 4.15 Cálculo de demanda feito utilizando-se a NTD 6.01

Como a demanda total foi superior a 65 kW, deve-se calculá-la usando a NTD 6.05. A demanda é obtida pela seguinte equação:

$$D = 0,77a + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + F + G$$

### **Subdemanda a**

Para hospitais e semelhantes, pela tabela 15 temo que a subdemanda a será igual a:

$$\left( \frac{50 \times 0,4 \times 4 \times 0,2}{0,9} \right) = 23,111 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda b**

Pela tabela 19:

$$(6 \times 2,5 + 3 \times 4,4) \times 0,31 + 12 \times 2 \times 0,44 + 3 \times 2,2 \times 0,48 = 22,47 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda c**

Transformando as potências dos aparelhos de ar-condicionado para cavalo vapor:

$$180000 \text{ BTU/h} = 180000 \times 0,0003985 = 7,173 \text{ cv}$$

$$1,5 \text{ hp} = 1,5 \times 1,01386 = 1,52 \text{ cv}$$

Pela tabela 17:

$$\left[ \left( \frac{3 \times 7,173 \times 0,7355}{0,79} \right) + \left( \frac{4 \times 1 \times 0,7355}{0,67} \right) + \left( \frac{3 \times 1,52 \times 0,7355}{0,6} \right) \right] \times 1 = 30,018 \text{ kW}$$

### **Subdemanda d**

Bomba d'água:

$$d = 2 \text{ kW}$$

### **Subdemanda e**

Elevador:

Pela tabela 24, obtém-se o fator de demanda para elevadores

$$e = \frac{5 \times 0,7355}{0,7} \times 0,8 = 4,203 \text{ kW}$$

### **Subdemanda F**

$$F = 0,87 \times F_s \times \sum P_{m_{cv}} \times F_u$$

$$F = 2 \times 0,87 \times 0,85 \times (2,5 \times 1,01387) \times 0,7 + 0,87 \times 0,85 \times 3,5 \times 0,83 = 6,46 \text{ kVA}$$

### **Subdemanda G**

$$G = (6,5 + 15) \times 0,909 = 19,55 \text{ kVA}$$

OBS: O fator de demanda utilizado é escolha do projetista, para ficar condizente com a subdemanda d obtida pela NTD 6.01, o FD utilizado foi de 0,909.

Com os parâmetros calculados, acha-se a demanda total:

$$\begin{aligned} D &= 0,77 \times 23,111 + 0,7 \times 22,47 + 0,95 \times 30,018 + 0,59 \times 2 + 1,2 \times 4,2 + 6,46 + 19,55 \\ &= 94,271 \text{ kVA} \end{aligned}$$

A demanda calculada pelo aplicativo tem como resposta:

Cálculo de demandas

Unidades Consumidoras Individuais (NTD 6.01) | Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras (NTD 6.07) | Distribuição em Tensão Primária (NTD 6.05)

### Cálculo de Demanda para Distribuição em Tensão Primária

(Conforme NTD 6.05 da CEB, 2.ª edição, agosto de 2012)

---

**Subdemanda a (iluminação e tomadas de uso geral)**

Potência instalada em iluminação e tomadas de uso geral:  Unidade:  Fator de potência:

Atividade:

**Subdemanda d (bombas d'água)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2,00"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

---

**Subdemanda b (aparelhos de aquecimento)**

Potência individual		Potência individual	
Quantidade: (em kVA):	Espécie:	Quantidade: (em kVA):	Espécie:
<input type="text" value="6"/> 2,5	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>
<input type="text" value="3"/> 4,4	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>
<input type="text" value="12"/> 2	<input type="text" value="torneira elétrica"/>	<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>
<input type="text" value="3"/> 2,2	<input type="text" value="microondas"/>	<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>
<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>	<input type="text" value="0"/> 0	<input type="text" value="chuveiro elétrico"/>

**Subdemanda e (elevadores)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Usar valor tabelado?	Rendimento:	Fator de potência:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="5,25"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="kW"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>

---

**Subdemanda c (aparelhos de ar-condicionado)**

Forma de indicação dos parâmetros (unidade de potência, rendimento e fator de potência):  No conjunto  Individualmente

Unidade:  Rendimento:  Fator de potência:

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="18000"/>	<input type="text" value="BTU/h"/>	<input type="text" value="0,79"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="0,67"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="1,5"/>	<input type="text" value="hp"/>	<input type="text" value="0,6"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="janela ou split"/>

**Subdemanda f (motores)**

Quantidade:	Potência individual:	Unidade:	Rendimento:	Fator de potência:	Espécie:
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[1]"/>
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2,5"/>	<input type="text" value="hp"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[1]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[3]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[4]"/>
<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3,5"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[3]"/>
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="cv"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="---"/>	<input type="text" value="[6]"/>

---

**Subdemanda g (outras cargas)**

Carga 1	Potência (em kVA):	<input type="text" value="19,55"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 2	Potência (em kVA):	<input type="text" value="0"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>
Carga 3	Potência (em kVA):	<input type="text" value="0"/>	Fator de demanda:	<input type="text" value="1,00"/>

---

**Demanda total =  $0,77 \cdot a' + 0,7 \cdot b + 0,95 \cdot c + 0,59 \cdot d + 1,2 \cdot e + F + G$   $a' = a / (\text{fator de potência})$**

**a = 23,11 kVA**    **c = 30,02 kW**    **e = 4,20 kW**    **G = 19,55 kVA**    **Demanda total = 94,27 kVA**  
**b = 22,47 kVA**    **d = 2,00 kW**    **F = 6,46 kVA**

Figura 4.16 Cálculo de demanda para Distribuição em Tensão Primária

Dimensionando considerando a demanda calculada para um circuito após o ramal de entrada:

Dimensionamento de cabos pelo método da queda de tensão e pelo método de aquecimento com os seguintes dados: queda de tensão admissível = 2%; comprimento do circuito = 50 m; material do eletroduto – material magnético; fator de potência 0,95; método de referencia - cabos unipolares em eletrodutos de seção circular embutido em alvenaria (B1); material do condutor – cobre; isolamento – XLPE; temperatura ambiente = 25 °C; números de eletrodutos dispostos horizontalmente = 1; número de eletrodutos dispostos verticalmente = 3; condutores não estão enterrados; número de condutores carregados = 3; não há outros circuitos ou cabos multipolares próximos.

Dimensionamento de cabos.

### Método da queda de tensão:

Queda de tensão admissível (%) = 2%

Comprimento do circuito = 50 m

Material do eletroduto : material magnético

Fator de potência: 0,95

Primeiramente é calculada a corrente de projeto ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{94,27 \times 10^3}{380 \times \sqrt{3}} = 143,23 \text{ A}$$

Com a corrente de projeto acha-se a queda de tensão:

$$\text{Queda de tensão} = \frac{380 \times 0,02}{50 \times 10^{-3} \times 143,23} = 1,06 \frac{\text{V}}{\text{km} \times \text{A}}$$

Pela tabela da queda de tensão em anexo, a seção nominal das fases é de **50 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 48 da NBR 5410 a seção do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**

Pela tabela 58 da NBR 5410 e aproximando para a seção comercial disponível a seção do condutor de proteção é de **25 mm<sup>2</sup>**

### Método do aquecimento

Método de referência: B1

Isolação: XLPE

Tipo de cabo: unipolar

Material do condutor: cobre

Número total de circuitos ou cabos multipolares: 0

Condutores em eletrodutos? Sim

Condutores enterrados? Não

Temperatura ambiente: 25°C

Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: 1

Número de eletrodutos dispostos verticalmente: 3

Cálculo de  $k_1$

Como a temperatura ambiente é de 25°C, pela tabela 40  $k_1=1,04$ .

Cálculo de  $k_2$

Como o número total de circuitos ou cabos multipolares é igual a 0,  $k_2=1$ .

Cálculo de  $k_3$

Como há condutores em eletrodutos,  $k_3 \neq 1$ . O número de eletrodutos dispostos horizontalmente é igual a 1 e o número de eletrodutos verticalmente é igual a 2, pela tabela 4.13 em anexo tem-se que  $k_3 = 0,92$ .

Cálculo de  $k_4$

Como os condutores não estão aterrados  $k_4 = 1$ .

Cálculo da corrente de projeto corrigida

$$I_{p'} = \frac{I_p}{k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4} = \frac{143,23}{1,04 \times 1 \times 0,92 \times 1} = 149,70 \text{ A}$$

Considerando que a isolamento é em XLPE e o método de referência é o B1, pela tabela 37 da NBR 5410 a seção nominal do condutor de fase é de **50 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 48 da NBR 5410 a seção nominal do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**.

Pela Tabela 52 da NBR 5410 a seção do condutor de proteção é de **25 mm<sup>2</sup>**.

Opta-se sempre pelo condutor de maior seção, portanto os escolhidos são:

A seção nominal do condutor de fase é de **50 mm<sup>2</sup>**.

A seção nominal do condutor neutro é de **25 mm<sup>2</sup>**.

A seção do condutor de proteção é de **25 mm<sup>2</sup>**.

Calculando o dimensionamento pelo aplicativo:

Dimensionamento básico

### Dimensionamento básico de cabos para circuito interno

(Conforme ABNT NBR 5410, 2.ª edição, setembro de 2004)

Qual método de dimensionamento será utilizado?  Método da queda de tensão  Método do aquecimento

#### Dados Gerais

Demanda (em kVA):  Tensão de linha (em V):  Corrente de projeto Ib (em A):

Método da queda de tensão	Método do aquecimento
<p>Queda de tensão admissível em (%): <input type="text" value="2"/></p> <p>Comprimento do circuito (em m): <input type="text" value="50"/></p> <p>Material do eletroduto: <input type="text" value="Material magnético"/></p> <p>Fator de potência: <input type="text" value="0,95"/></p>	<p>Método de referência: <input type="text" value="B1"/> <input type="button" value="Ver esquemas ilustrativos"/></p> <p>Isolação: <input type="text" value="EPR ou XLPE"/> Material do condutor: <input type="text" value="cobre"/></p> <p>Tipo de cabo: <input type="text" value="unipolar"/> Número total de circuitos ou cabos multipolares: <input type="text" value="1"/></p> <p>Condutores em eletrodutos? <input type="text" value="Sim"/> Condutores enterrados? <input type="text" value="Não"/></p> <p>Condutores carregados: <input type="text" value="3"/> Temperatura ambiente (em °C): <input type="text" value="25"/></p> <p>Forma de agrupamento dos condutores: <input type="text"/></p> <p>Quantidade de camadas de condutores: <input type="text"/></p> <p>Espaçamento entre eletrodutos enterrados: <input type="text" value="Nulo"/></p> <p>Número de eletrodutos dispostos horizontalmente: <input type="text" value="1"/></p> <p>Número de eletrodutos dispostos verticalmente: <input type="text" value="2"/></p> <p>Resistividade térmica do solo em (K.m/W): <input type="text" value="2,5"/></p>
<p><b>Resultados parciais:</b></p> <p>Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="50,0"/></p> <p>Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,0"/></p> <p>Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,0"/></p>	<p><b>Resultados parciais:</b></p> <p>Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="50,00"/></p> <p>Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,00"/></p> <p>Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,00"/></p>
<p><b>Resultados finais:</b></p> <p>Seção nominal do condutor de fase (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="50,00"/></p> <p>Seção nominal do condutor de proteção (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,00"/></p>	<p>Seção nominal do condutor neutro (em mm<sup>2</sup>): <input type="text" value="25,00"/></p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Dimensionar"/></p>

Figura 4.17 Dimensionamento para cabos de uma demanda obtida pela norma NTD6.05

## **5 CONCLUSÕES**

### **5.1 ASPECTOS GERAIS**

Este trabalho mostra os materiais os métodos para desenvolver um aplicativo para cálculo de demanda elaborado seguindo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB) – NTD-6.01 -Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária a Unidades Consumidoras Individuais, NTD-6.07- Fornecimento em tensão secundária de distribuição a prédios de múltiplas unidades consumidoras e NTD-6.05- Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição. Além disso, fornece dados de dimensionamentos básicos segundo a ABNT NBR 5410- Instalações elétricas de baixa tensão. Além disso, mostra exemplos a fim de comparação entre cálculos manuais e utilizando o aplicativo.

### **5.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES**

Foi desenvolvido um aplicativo para cálculo de demanda e dimensionamentos básicos elaborados segundo as normas da Companhia Energética de Brasília (CEB): NTD-6.01, NTD-6.07 e NTD-6.05 e também pela ABNT NBR 5410, bastante intuitivo, feito na plataforma do Microsoft Excel o que torna ele ainda mais versátil e de fácil compartilhamento. Otimizando o tempo gasto para cálculos de demanda e dimensionamentos de condutores em projetos de instalações elétricas voltado para uso de projetistas ou de alunos no curso de Instalações Elétricas.

O aplicativo é uma ferramenta muito útil no processo de ensino aprendizagem, quando o aluno poderá acompanhar o passo à passo do cálculo de demanda e dimensionamentos básicos do projeto.

Além disso, o aplicativo foi feito na plataforma do Microsoft Excel, ferramenta muito mais acessível e de mais fácil utilização que, por exemplo, o *Matlab*, que necessita de vários pacotes de atualização para poder funcionar, gerando um aplicativo bem maior e mais pesado.

### 5.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Apresenta-se a seguir sugestões para desenvolvimentos futuros:

- Integração do aplicativo com ferramentas gráficas, com a finalidade de construir diagramas unifilares.
- Gerar relatórios para utilização em memorial de cálculo.
- Permitir a importação e exportação dos dados inseridos ou calculados.
- Criação ou implementação do programa em uma aplicação *Web*.
- Melhoria na parte de dimensionamento, com a inserção de dimensionamento de outros componentes, tais como disjuntores e dispositivos de proteção e considerando frequências harmônicas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas de baixa tensão, Rio de Janeiro, 2004.

CEB- Companhia Energética de Brasília. Disponível em <[www.ceb.com.br](http://www.ceb.com.br)>. Acesso em maio de 2013.

CEB. NTD-6.01-Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária a Unidades Consumidoras Individuais, 2.<sup>a</sup> EDIÇÃO, dezembro de 2005.

CEB. NTD-6.05- Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição, 2.<sup>a</sup> EDIÇÃO, agosto de 2012.

CEB. NTD-6.07- Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição a Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras. 2.<sup>a</sup> EDIÇÃO, julho 2011.

MACINTYRE, Julio Niskier A. J., Instalações Elétricas, 5.<sup>a</sup> edição, 2008.

MOROZUMA AY, PALHANO WR. Aplicativo para cálculo de demanda segundo as normas da CEB [trabalho de conclusão de curso]. Brasília: Universidade de Brasília, Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica; 2011.

WIKIPEDIA: the free encyclopedia. Disponível em: <[www.en.wikipedia.org](http://www.en.wikipedia.org)>. Acesso em: 25 ago. 2013.

## APÊNDICE

**DEFINIÇÕES:** Segundo as Normas NTD 6.01 ,NTD 6.07 e NTD 6.05.

**Edificação individual:** É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

**Edifício de uso coletivo:** É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio, de construção horizontal ou vertical.

**Concessionária:** Agente titular de concessão federal para prestar o serviço público de distribuição ou transmissão ou geração de energia elétrica.

**Demanda:** Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVAr) respectivamente.

**Energia elétrica ativa:** Energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).

**Energia elétrica reativa:** Energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilo Volt-Ampère-reactivo-hora (kVArh).

**Fator de demanda:** Razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

**Fator de potência:** Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado.

**Fator de simultaneidade:** Razão entre a demanda simultânea máxima de um conjunto de equipamentos ou instalações elétricas e a soma das demandas máxima individuais, ocorrida no mesmo intervalo de tempo especificado.

**Fator de utilização:** Razão entre a potência efetivamente absorvida e a potência nominal.

**Prédio de múltiplas unidades consumidoras:** Toda e qualquer construção de uso coletivo, horizontal e ou vertical, constituída por 2 (duas) ou mais unidades consumidoras, cujo consumo de energia elétrica das áreas comuns, seja de responsabilidade do condomínio.

## ANEXO

### Tabelas usadas para dimensionamento de condutores retiradas de Macintyre (2008)

Tabela 4.13 Fatores  $k_3$  de correção em função do número de eletrodutos ao ar livre

Número de eletrodutos dispostos verticalmente	Número de eletrodutos dispostos horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,78	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

Tabela 4.14 Fatores  $k_3$  de correção em função do número de eletrodutos enterrados ou embutidos

Número de eletrodutos dispostos verticalmente	Número de eletrodutos dispostos horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

**Tabela 4.18** Quedas de tensão unitárias. Condutores isolados com PVC (Pirastic Ecoflam e Pirastic-Flex Antiflam) em eletroduto ou calha fechada

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto ou calha de material não-magnético				Eletroduto ou calha de material magnético	
	Circuito monofásico		Circuito trifásico		Circuito monofásico ou trifásico	
	cos $\varphi = 0,8$ (V/A $\times$ km)	cos $\varphi = 0,95$ (V/A $\times$ km)	cos $\varphi = 0,8$ (V/A $\times$ km)	cos $\varphi = 1$ (V/A $\times$ km)	cos $\varphi = 0,8$ (V/A $\times$ km)	cos $\varphi = 0,95$ (V/A $\times$ km)
1,5	23,03	27,6	20,2	24,0	23,0	27,4
2,5	14,03	16,9	12,4	14,7	14,0	16,8
4	8,9	10,6	7,8	9,2	9,0	10,5
6	6,0	7,1	5,2	6,1	5,9	7,0
10	3,6	4,2	3,2	3,7	3,5	4,2
16	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3	2,7
25	1,5	1,7	1,3	1,5	1,5	1,7
35	1,1	1,2	0,98	1,1	1,1	1,2
50	0,85	0,94	0,76	0,82	0,86	0,95
70	0,62	0,67	0,55	0,59	0,64	0,67
95	0,48	0,50	0,50	0,43	0,50	0,51
120	0,40	0,41	0,36	0,36	0,42	0,42
150	0,35	0,34	0,31	0,30	0,37	0,35
185	0,30	0,29	0,27	0,25	0,32	0,30
240	0,26	0,24	0,23	0,21	0,29	0,25