



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANTÔNIO CARLOS PEREIRA DA SILVA**  
**MAURO DA SILVA MOREIRA FILHO**

**PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL:**  
**COMPARAÇÃO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE**  
**COMPUTACIONAL**

**GOIANÉSIA / GO**

**2020**



**ANTÔNIO CARLOS PEREIRA DA SILVA  
MAURO DA SILVA MOREIRA FILHO**

**PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL:  
COMPARAÇÃO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE  
COMPUTACIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

**ORIENTADOR: Prof. Me. ROGÉRIO RODRIGUES DOS  
SANTOS**

**GOIANÉSIA / GO**

**2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, ANTÔNIO CARLOS PEREIRA DA; FILHO, MAURO DA SILVA MOREIRA.

Projeto Elétrico Residencial: Comparação Cálculo Manual e Software computacional 2020  
67P, 297 mm (ENC/UEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Instalações elétricas | 2. Projeto elétrico |
| 3. Software              | 4. Elétrica         |

SILVA, A. C. P.; FILHO, M. S. M. Projeto elétrico residencial: Comparação cálculo manual e software computacional. TCC, Publicação ENC. Curso de Engenharia Civil, Evangélica, Goianésia, GO, 2020.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Antônio Carlos Pereira da Silva; Mauro da Silva Moreira Filho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Projeto elétrico residencial: comparação cálculo manual e software computacional.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à Evangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Antônio Carlos Pereira da Silva

Endereço Permanente

CEP: 76380000 – Goianésia /GO – Brasil

---

Mauro da Silva Moreira Filho

Endereço Permanente

CEP: 76380000 – Goianésia /GO – Brasil

**ANTÔNIO CARLOS PEREIRA DA SILVA  
MAURO DA SILVA MOREIRA FILHO**

**PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL:  
COMPARAÇÃO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE  
COMPUTACIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**ROGÉRIO RODRIGUES DOS SANTOS, Me Sistemas Mecatrônica (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**THIAGO FERREIRA DA CUNHA, Doutor em Física (Unievangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**BRUNO ISMAEL OLIVEIRA CARDOSO MAIA, Engenheiro Especialista (USP)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: GOIANÉSIA/GO, 10 de JUNHO de 2020.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas na duração deste esplêndido Curso de Engenharia Civil.

A Deus por nossas vidas, famílias e amigos que nos apoiaram durante esta jornada árdua, porém, tão desejada ao mesmo tempo.

Também, agradecemos ao nosso Orientador Rogério Rodrigues dos Santos que com empenho e satisfação nos proporcionou, corrigiu e moldou o nosso Trabalho de Conclusão de Curso e somos gratos a Faculdade Evangélica de Goianésia pela a oportunidade de realizar este sonho que anos atrás era uma utopia. A todos, os nossos sinceros e calorosos agradecimentos.

## RESUMO

Com o surgimento dos novos métodos computacionais surge também a seguinte questão: os métodos utilizados para os cálculos destes programas têm os mesmos resultados quando calculados seguindo o programa de cálculo na norma pertinente, de forma manual? Este Trabalho de Conclusão de Curso teve por objetivo a elaboração de um projeto elétrico de uma residência unifamiliar, utilizando cálculos manuais e software computacional para comparação. Sendo realizado através de duas metodologias distintas, a primeira consistiu no dimensionamento manual do projeto elétrico com apoio de planilhas de cálculos desenvolvidas no Microsoft Excel. Na segunda etapa, o projeto é dimensionado em software utilizando o software AutoCad transportando para o QI elétrico introduzindo o passo a passo obtendo os resultados com diferença mínima dos valores fornecidos pelo Software em comparação aos cálculos manuais. De modo geral pode-se perceber que o projeto manual e o computacional se apresentaram bastante semelhantes, no que diz respeito a potência de instalação, indicando que se seguidos cuidadosamente os parâmetros normatizados é possível se dimensionar um projeto econômico e viável. Entretanto, o programa computacional apresenta uma considerável facilidade em economia de tempo podendo ser possível compactar todo o conhecimento adquirido no programa de software e principalmente no que diz respeito à representação gráfica do projeto, tendo em vista o lançamento dos elementos do mesmo. Outra grande vantagem do software computacional é o fornecimento de listas de material ao final do dimensionamento, não sendo necessário levantamento de dados posterior a conclusão do projeto, ou seja, o sistema tecnológico tem papel fundamental para obtenção de resultados extraordinários no campo da Engenharia Civil.

**Palavras-chave:** Instalações Elétricas; Projeto Elétrico; Software, Elétrica, Engenharia Civil, Compactar.

## ABSTRACT

With the emergence of new computational methods, the following question also occurs: the methods used for the calculations, the programs with the same results, when calculated following the calculation program in the relevant standard, manually? This Course Completion Work aimed to create an electrical project for a single family residence, using manual calculations and computational software for comparison. Being carried out through two different methodologies, a first non-dimensioned manual of the electrical project with support for calculation planners used in Microsoft Excel. In the second step, the project is scaled in software using the AutoCad software, transporting it to the electric IQ introduced or step by step to obtain the results with minimal difference in values used by the software compared to manual calculations. The general way can perceive that the project manual and the computational one show to be quite similar, without respecting the power of the installation, which are followed by the tests of the normatized norms and it is possible to dimension an economical and viable project. However, the computer program presents a time saving facility that it may be possible to compress all the knowledge acquired in the software program and mainly with regard to the graphic representation of the project, with a view to launching the elements of the same. Another great advantage of computational software is the provision of material lists for final dimensioning, with no need to collect further data to complete the project, that is, the technological system has a fundamental role in the extraordinary results in the field of Civil Engineering.

**Keywords:** Electrical Installations; Electrical project; Software, Electrical, Civil Engineering. Compact.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Projeto unifamiliar .....	12
<b>Figura 2</b> - Capa da NBR 5410 .....	15
<b>Figura 3</b> - Iluminância segundo a NBR 5413 .....	17
<b>Figura 4</b> - Condições para determinação de potência mínima de iluminação .....	19
<b>Figura 5</b> - Quantidade mínima de pontos de tomada.....	20
<b>Figura 6</b> - Potência mínima dos pontos de tomada .....	21
<b>Figura 7</b> – Previsão de Cargas .....	23
<b>Figura 8</b> - Setores de uma instalação elétrica .....	28
<b>Figura 9</b> - Padronização de simbologia dos condutores .....	29
<b>Figura 10</b> - Circuitos terminais.....	30
<b>Figura 11</b> - Quadro de distribuição.....	31
<b>Figura 12</b> - Advertência quadro de distribuição .....	32
<b>Figura 13</b> - Localização dos pontos elétricos .....	32
<b>Figura 14</b> - Localização dos quadros elétricos .....	33
<b>Figura 15</b> - Esquema de proteção em quadro de distribuição Monofásico .....	39
<b>Figura 16</b> - Aterramento segundo a NBR 5410.....	40
<b>Figura 17</b> - Projeto arquitetônico do estudo de caso .....	42
<b>Figura 18</b> - Lançamento de projeto .....	47
<b>Figura 19</b> - Exportação de arquitetura .....	47
<b>Figura 20</b> - Lançamento de luminárias .....	48
<b>Figura 21</b> - Lançamento de interruptores .....	49
<b>Figura 22</b> - Lançamento de tomadas .....	49
<b>Figura 23</b> - Quadro de distribuição.....	50
<b>Figura 24</b> - Lançamento de eletrodutos .....	50
<b>Figura 25</b> - Verificação de traçado e lançamento de fiação .....	51
<b>Figura 26</b> - Legendas, quadros e listas .....	51
<b>Figura 27</b> - Cálculo da potência ativa VA p/ Watts .....	56
<b>Figura 28</b> - Resultados do programa computacional.....	61
<b>Figura 29</b> - Projeto Final em 3D .....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Potências típicas de aparelhos elétricos.....	22
<b>Tabela 2</b> - Categoria monofásica .....	24
<b>Tabela 3</b> - Categoria bifásica .....	24
<b>Tabela 4</b> - Categoria trifásica.....	25
<b>Tabela 5</b> - Temperatura e tipos de isolamentos .....	35
<b>Tabela 6</b> - Tipos de linhas elétricas .....	36
<b>Tabela 7</b> - Número de condutores por eletroduto .....	38
<b>Tabela 8</b> - Exigências para divisão da instalação .....	44
<b>Tabela 9</b> - Cálculo da potência de iluminação.....	53
<b>Tabela 10</b> - Cálculo e distribuição de tomadas e equipamentos.....	54
<b>Tabela 11</b> - Cálculo total da distribuição de tomadas, iluminação e equipamentos.....	55
<b>Tabela 12</b> - Cálculo da potencia ativa VA p/ watss e quantificação de fases.....	55
<b>Tabela 13</b> - Cálculo da demanda .....	56
<b>Tabela 14</b> - Divisões de circuito .....	57
<b>Tabela 15</b> - Comparação para cálculo de queda de tensão .....	58
<b>Tabela 16</b> - Comparação dos cálculos dos circuitos.....	59
<b>Tabela 17</b> - Dimensionamento dos eletrodutos .....	60
<b>Tabela 18</b> - Resultados do programa computacional.....	60
<b>Tabela 19</b> - Quadro de demanda.....	62

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

NBR - Norma Brasileira

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	12
1.2 OBJETIVOS .....	14
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	14
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 NORMAS APLICÁVEIS AO PROJETO ELÉTRICO .....	15
<b>2.1.1 NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão</b> .....	15
<b>2.1.2 NBR 5413:1992 Iluminância de interiores</b> .....	17
<b>2.1.3 NR 10:1978 Segurança em instalações e serviços em eletricidade</b> .....	18
2.2 ETAPAS DE PROJETOS DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA .....	18
<b>2.2.1 Previsões de carga</b> .....	18
2.2.1.1 Iluminação .....	19
2.2.1.2 Tomadas de uso Geral .....	20
2.2.1.3 Tomadas de uso Específico .....	21
2.2.1.4 Potência de equipamentos elétricos .....	23
2.2.1.5 Quadro de previsão de carga .....	23
<b>2.2.2 Fornecimento de energia e padrão dimensionamento</b> .....	23
2.2.2.1 Monofásico .....	24
2.2.2.2 Bifásico .....	24
2.2.2.3 Trifásica .....	25
<b>2.2.3 Demanda provável</b> .....	25
<b>2.2.4 Setores de uma instalação</b> .....	27
<b>2.2.5 Recomendações para a Representação dos Pontos de luz, tomadas e Interruptores</b> .....	29
<b>2.2.6 Representação de tubulações e fiação</b> .....	29
<b>2.2.7 Divisão da instalação em circuitos terminais</b> .....	30
<b>2.2.8 Quadro de distribuição de cargas</b> .....	31
2.2.8.1 Locação dos pontos elétricos .....	32
2.2.8.2 Localização dos quadros elétricos .....	33

2.2.9 Quadro de distribuição de cargas.....	33
2.2.10 Dimensionamento dos condutores .....	35
2.2.11 Dimensionamento dos eletrodos.....	36
2.2.11.1 Definição características e tipos de eletrodutos.....	36
2.2.12 Instalação de condutos e eletrodutos .....	37
2.2.13 Dispositivos de proteção .....	38
2.3 ATERRAMENTO .....	39
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
3.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	41
3.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ELÉTRICO CÁLCULO MANUAL .....	43
3.2.1 Integração dos circuitos.....	43
3.2.2 Projeto luminotécnico .....	44
3.2.3 Distribuição de tomadas e equipamentos.....	44
3.2.4 Demanda de instalação .....	45
3.2.5 Tipo de ligação da entrada .....	45
3.2.6 Dimensionamentos .....	45
3.2.6.1 Dimensionamento dos condutores e disjuntores.....	45
3.2.6.2 Diferencial Residual (DR) .....	45
3.2.6.3 Eletrodutos.....	46
3.3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO ELÉTRICO EM SOFTWARE.....	46
3.3.1 O software Lumine.....	46
3.3.2 Iluminação .....	47
3.3.3 Tomadas .....	49
3.3.4 Lançamento de quadro de distribuição .....	49
3.3.5 Lançamento de eletrodutos .....	50
3.3.6 Verificação de traçado e lançamento de fiação .....	51
3.3.7 Legenda, quadros e listas.....	51
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1 CÁLCULO MANUAL .....	52
4.1.1 Projeto luminotécnico .....	52
4.1.2 Equipamentos de iluminação .....	52
4.1.3 Cálculo da previsão de cargas .....	52
4.1.4 Distribuição de tomadas e equipamentos .....	53
4.1.5 Quadro de demanda .....	56

<b>4.1.6 Divisões de circuitos terminais</b> .....	<b>57</b>
<b>4.1.7 Dimensionamento de condutores</b> .....	<b>57</b>
<b>4.2 CÁLCULO COMPUTACIONAL</b> .....	<b>60</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>63</b>



CREDER (1976) afirma que o projeto de instalação elétrica é a forma específica de prever e demonstrar todas as características existentes em uma edificação e apresenta detalhes como posições de dutos e condutores, pontos elétricos (iluminação e tomadas), etc.

O projeto é dividido em seis partes, sendo estas:

- a. Memorial Descritivo;
- b. Memorial de cálculo;
- c. Orçamento;
- d. Viabilidade;
- e. Desenhos;
- f. Lista de materiais.

A etapa mais importante na elaboração do projeto é o cálculo dos pontos consumidores de energia (previsão de cargas), como pontos de luz, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, que se tornam repetitivos e tediosos à medida que o projeto se desenvolve. Vale ressaltar que os valores obtidos nos cálculos devem se enquadrar nas normativas para garantir a confiabilidade do sistema projetado (COMBEGE, 2013).

Os projetos de instalação elétrica, em especial os de baixa tensão devem seguir as recomendações normativas vigentes, como por exemplo a NBR 5410:2017 (Instalações elétricas de Baixa Tensão), a NB 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade) e as notas técnicas das Concessionárias locais.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo a elaboração de um projeto elétrico de uma residência unifamiliar, utilizando cálculos manuais e software computacional para comparação. Serão aplicados no projeto elétrico, métodos que estão na norma NBR 5410, onde serão comparados aos métodos de cálculo e dimensionamentos manuais de um projeto elétrico e os métodos utilizados por meio de softwares, tendo como objetivo a determinação do modelo mais eficiente.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Executar uma revisão bibliográfica sobre projeto de instalações elétricas de baixa tensão, as normas aplicáveis ao projeto;

- Estudar e utilizar do software computacional QIElétrico;
- Realizar o estudo comparativo entre o projeto elaborado por meio de cálculos manuais e software;
- Esclarecer a importância do bom uso de energia elétrica mediante o estudo técnico de projetos;
- Relatar as consequências e prejuízos alcançados por uma residência unifamiliar que não possui a instalação elétrica adequada as regras da NBR 5410/2004.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão teórica conceitual pautada nas normas vigentes das etapas para elaboração de um projeto de instalação elétrica de baixa tensão.

### 2.1 NORMAS APLICÁVEIS AO PROJETO ELÉTRICO

Para dar desenvolvimento neste trabalho serão abordadas as principais normas que se aplicam ao projeto elétrico residencial ou predial de baixa tensão. Essas normas são responsáveis por regulamentar e definir todo padrão de eficiência no desenvolvimento do projeto elétrico visando a melhor qualidade do projeto e segurança na execução.

As principais normas aplicáveis são: a NBR 5410 de 2004 (Instalações elétricas de baixa tensão), NBR 5444 de 1989 (Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais), NBR 5413 de 1992 (iluminância de interiores) e a NR 10 de 1978 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade) na execução do projeto.

#### 2.1.1 NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão

Sua primeira edição foi elaborada em 1941, durante os anos 1960, 1980 e 1990 sofreram várias alterações, sendo em 2018 sua mais recente atualização. Todas essas edições foram elaboradas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. A figura 2 mostra a capa da norma NBR 5410/2004.

**Figura 2 - Capa da NBR 5410.**



Fonte: ABNT, 2008.

A NBR 5410:2004 aplica-se projetos de instalações elétricas de baixa tensão e ainda disponibiliza tabelas necessárias para o dimensionamento de circuitos internos.

O objetivo desta norma é determinar condições, para projetos elétricos de baixa tensão, de modo a assegurar a garantia de pessoas a animais, bem como garantir um bom funcionamento e conservação. Embora seja uma norma com foco em instalações prediais, também pode e deve ser aplicada em instalações residenciais, podendo ser aplicadas em:

- a. Áreas descobertas externas a edificações;
- b. Locais de acampamento, marinas e instalações análogas;
- c. Instalações temporárias como canteiros de obras, feiras etc.;
- d. Circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (CA), frequência inferior a 400 Hz, ou a 1500 V e corrente contínua (CC - modificação vinda da norma NR-10, que estabelece o que é baixa tensão);
- e. Circuitos elétricos que não estão dentro de equipamentos, funcionando sobre tensão superior a 1000 volts, e alimentados por uma instalação igual ou inferior a 1000 volts e corrente alternada. Circuitos de lâmpadas de descarga, por exemplo;
- f. Fiações e redes elétricas que não estejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização;
- g. Linhas elétricas fixas de sinal com exceção dos circuitos internos dos equipamentos
- h. Instalações novas e já existentes, sobre reforma;

Não apresentando aplicação nos seguintes casos:

- a. Instalações de tração elétrica;
- b. Instalações elétricas de veículos motores, carros elétricos, por exemplo;
- c. Instalações de embarcações e aeronaves;
- d. Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que não comprometa a segurança das instalações;
- e. Iluminação pública;
- f. Redes públicas de distribuição elétrica
- g. Instalações de proteção contra quedas diretas de raios, porém esta norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações, por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobre tensão;
- h. Instalações em minas;
- i. Instalações em cercas elétricas;

### 2.1.2 NBR 5413:1992 Iluminância de interiores

A NBR 5413 constitui uma das normas mais comuns em instalações elétricas, estando relacionada com o sistema de iluminação (tipo de lâmpada, luminárias e spots, posicionamento e especificações). Apresentando um total de 13 páginas, sua versão mais recente é de 1992, onde pode-se encontrar caracterizações para a iluminação de locais distintos, possibilitando um sistema de iluminação equilibrado e seguro, determinando o tipo de lâmpada que será utilizado, a posição mais favorável para a instalação em cada ambiente, bem como aspectos que podem resultar em uma diminuição da eficiência.

A NBR recomenda valores para a iluminância em inúmeros locais, para diversas atividades, apresentando duas tabelas, a primeira sobre valores de iluminância segundo a classe visual do trabalho (figura 3) e a segundo relacionada com os aspectos determinantes para uma iluminação suficiente.

**Figura 3** - Iluminância segundo a NBR 5413.

**Tabela 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais**

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

Fonte: NBR 5413:1992.

### **2.1.3 NR 10:1978 Segurança em instalações e serviços em eletricidade**

Essa Norma determina a segurança para o profissional de instalações e serviços elétricos, definindo as condições mínimas e a utilização de sistemas preventivos por profissionais que interagem direto ou indiretamente com instalações elétricas, de modo a assegurar a prevenção de acidente a todos que trabalham na área, implementando medidas de controle de acidentes a todos que exercem profissões em um ambiente que interaja com instalações elétricas, sendo esses profissionais nas áreas diretas e indiretas ou serviços com a eletricidade de baixa ou alta tensão. (SANTOS, 2011)

Essa norma também é aplicável para quem desenvolve os projetos e para aqueles que fazem manutenção, montagem, construção e tudo que envolva eletricidade de baixa ou alta tensão.

Essa norma sofreu uma atualização em 2004 buscando melhoria no ambiente de trabalho de profissionais que ficam expostos a eletricidade, tendo em vista a chance de graves acidentes, mas ainda não é uma norma perfeita para a eficiência das instalações elétricas prediais. É importante ressaltar que toda a empresa da área elétrica tem como obrigação adotar e treinar todos seus funcionários sobre a NR-10 para que haja segurança na instalação dos equipamentos (NR-10, 2004).

## **2.2 ETAPAS DE PROJETOS DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA**

Um projeto de instalações elétricas completo deve apresentar a planta elétrica, contendo as simbologias que transmitem as informações da parte técnica do projeto, memorial de cálculo, memorial descritivo, ART e lista de materiais.

Para dar sequência, é necessária que haja o desenvolvimento de todas as etapas citadas ao longo deste trabalho, para que se obtenha um projeto elétrico com todas as especificações exigidas pelas normas brasileiras estabelecidas pela ABNT.

### **2.2.1 Previsões de carga**

A NBR 5410:2004, define que toda previsão de carga de uma instalação que deve ser feita seguindo os tópicos de 4.2.1.2.1 a 4.2.1.2.3 da norma, onde é determinado que para que haja uma previsão de cargas no projeto elétrico, é importante que se estabeleça todos os eletrodomésticos e maquinários elétricos que serão montados na edificação tais como,

(lâmpadas, chuveiros, ar condicionado, aparelhos eletrônicos, eletrodomésticos, motores de máquinas diversas, entre outros).

Com essas informações é realizada uma previsão de carga determinando todos os pontos de utilização de energia elétrica, ou seja, os pontos de consumo ou carga, que serão distribuídas na residência solicitada. No final dessas etapas de previsão de cargas serão definidas: potência, quantidade e localização dos pontos de consumo de energia elétrica.

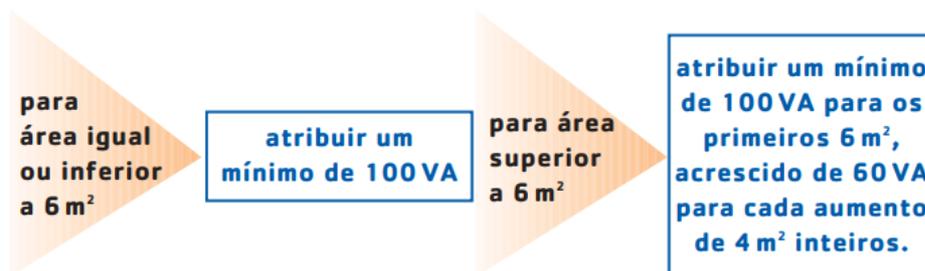
A NBR 5410 estabelece todos os parâmetros necessários para a classificação, localização e determinação das potências necessárias a cada ponto de iluminação e de energia presentes na edificação.

### 2.2.1.1 Iluminação

A NBR 5410:2004, em seu primeiro item, regulamenta as instalações elétricas de baixa tensão visando a garantia da segurança, um melhor funcionamento e conservação adequada dos equipamentos. Apresentando ainda as condições mínimas para estabelecer os pontos de luz.

A NBR 5410:2004, utiliza um método para iluminação conhecido como carga mínima e este método determina a carga mínima para um ponto de iluminação de cada ambiente. Considerando que é necessário que cada ambiente apresente no mínimo um ponto de iluminação, sendo comandado por um interruptor na parede. A potência desta iluminação está associada a área do comodo em questão, segundo a figura 4.

**Figura 4** - Condições para determinação de potência mínima de iluminação.



Fonte: PIRELLI, 2003.

Admite-se ainda que o ponto de iluminação no teto seja substituído por ponto na parede, como por exemplo: em espaços sobre a escada, depósitos, dispensas, lavabos e varandas. Importante ressaltar que a NBR 5410:2004, não tem a função de estabelecer critérios para iluminação de áreas externas em residências.

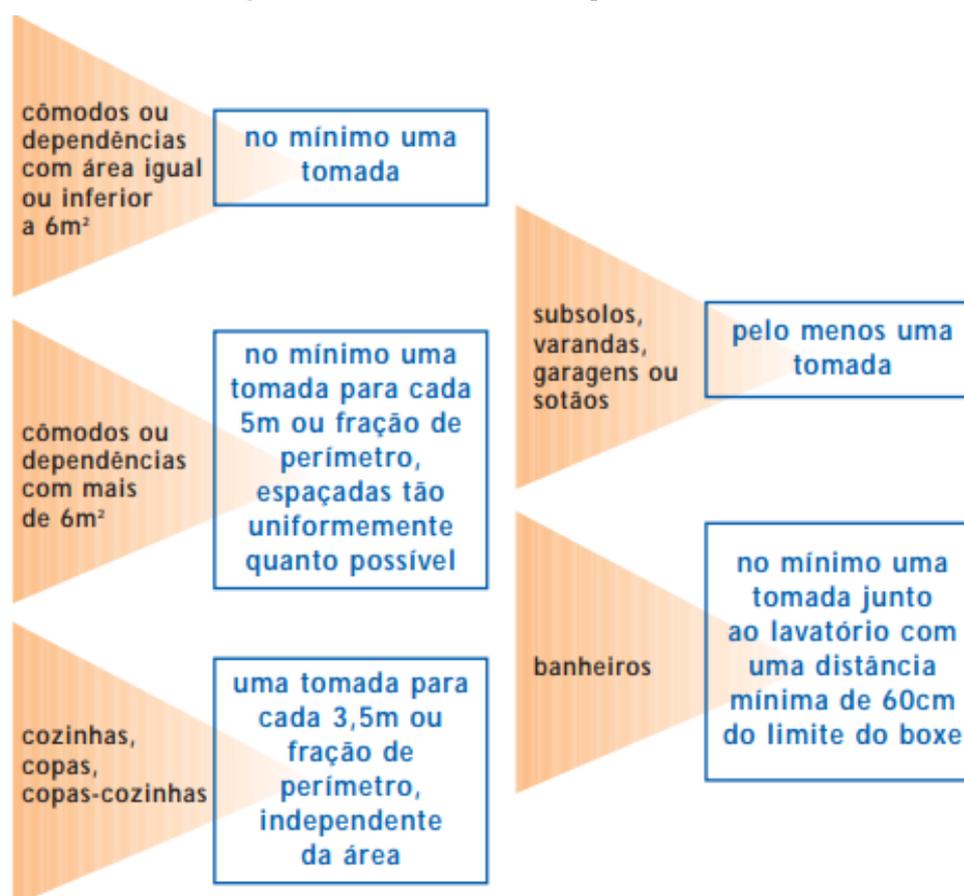
Essa escolha cabe as negociações entre o projetista junto a concordância do cliente, desde que sejam decisões que seguem os requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 5413 (Iluminância de Interiores e Procedimentos) (LIMA, 2011).

Há ainda outros métodos para esta determinação, como luminotécnico, ponto a ponto e métodos dos fabricantes.

### 2.2.1.2 Tomadas de uso geral (TUG's)

São tomadas nos quais são ligados aparelhos móveis ou portáteis, não havendo determinação de uso específico. Segundo a NBR 5410/2004 em seu item 9.5.2 estabelece que a previsão de cargas de tomada seja realizada com base no perímetro de seu ambiente, segundo o tipo de ambiente para o qual está sendo feito a determinação, segundo figura 5.

**Figura 5 -** Quantidade mínima de pontos de tomada.



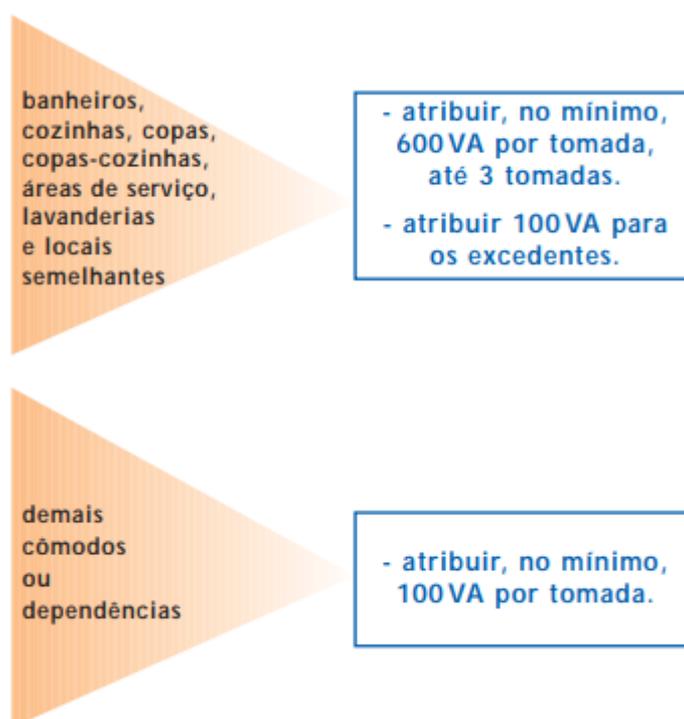
Fonte: PIRELLI, 2003.

Desse modo, em uma sala, por exemplo, um ponto de tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, são o suficiente para garantir a qualidade do espaçamento uniforme de cada ponto distribuído, como exemplo, se o perímetro de um quarto for 13m teremos:

$$13 / 5 = 2,6 \quad (1)$$

Ou seja, para um quarto com perímetro de 13m, serão necessárias no mínimo 3 tomadas para atender a demanda, sendo ainda em diversas aplicações a previsão de uma quantidade superior ao mínimo calculado, de modo a evitar a utilização de extensões e benjamins, tendo em vista que estes equipamentos desperdiçam energia e podem comprometer a segurança. A potência mínima de tomadas de usos em geral, é definida segundo a figura 6.

**Figura 6 - Potência mínima de pontos de tomada.**



Fonte: PIRELLI, 2003.

### 2.2.1.3 Tomadas de uso específicos (TUE's)

São tomadas nos quais são ligados aparelhos fixos ou estacionários (chuveiro, torneira elétrica, secadora de roupa, ar-condicionado). Em regra, são localizados 1,5m do ponto previsto para a localização do aparelho a ser utilizado, apresentando a mesma potência dos equipamentos que forem utilizados nelas.

Segue abaixo a descrição de alguns aparelhos de potência típicos de aparelhos eletrodomésticos (LIMA, 2011).

**Tabela 1 - Potências Típicas de Aparelhos Elétricos.**

<b>Aparelho</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Aparelho</b>	<b>Potência (W)</b>
Aquecedor de água até 100 l	1.500	Forno de micro-ondas	700 - 1.500
Aquecedor de água 100 - 150 l	2.500	Geladeira doméstica	150 - 400
Aquecedor de água 200 - 400 l	4.000	Lavadora de roupas	500 - 1.000
Batedora de bolo	70 – 300	Liquidificador	100 - 250
Chuveiro	3.000 - 6.000	Secadora de roupa	3.500 - 1.000
Condic. De ar 2.500 kcal/h	1.400	Televisor	70 - 300
Condic. De ar 3.000 kcal/h	1.600	Torneira elétrica	2.500 - 3.700
Condic. De ar 7.500 Kcal/h	3.600	Congelador (freezer)	300 - 500
Fogão Residencial	4.000 - 12.000	Ferro de passar roupa	500 - 100

Fonte: NBR 5410.

#### 2.2.1.4 Potência de equipamentos elétricos

Para esta parte do projeto é necessário saber quantos e quais equipamentos eletrônicos serão utilizados na residência. Tendo essas informações pode-se determinar a capacidade dos aparelhos para definir uma quantidade de energia elétrica. Ou seja, todo aparelho que se alimenta de energia elétrica necessita de certa potência para que haja seu funcionamento correto. (CARVALHO, 2016).

Mas para que haja potência elétrica é necessário existir uma tensão e corrente elétrica, essas duas “forças” variam entre si de forma direta para determinar a potência configurando o seu total equilíbrio da corrente elétrica e a tensão.

Então, podemos afirmar que a potência elétrica (P) é o resultado do produto da ação da tensão (U) e da corrente (I) (CARVALHO, 2016).

$$FP = U \times I \quad (2)$$

### 2.2.1.5 Quadro de previsão de carga

Para especificar a previsão de carga de determinadas instalações de uma edificação pode ser dada pelo seguinte quadro demonstrado abaixo. Com esta forma consegue determinar os pontos de utilização (LIMA, 2011).

**Figura 7 - Previsão de cargas.**

	Ambiente	Dimensões		Iluminação		TUG's		TUE's		
		Área	Perímetro	Quantidade	Pot. Total (VA)	Quantidade	Pot. Tot. (VA)	Qtde	Tipo	Pot. Tot. (W)
Térreo										
<b>Total</b>										

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

### 2.2.2 Fornecimentos de energia e padrão de dimensionamento.

Os padrões, limites e tipos de fornecimento para edificações coletivas e unidades consumidoras individuais, que são analisadas em função da demanda máxima prevista e da potência instalada variam de acordo com as concessionárias e regiões do país. No estado de Goiás a norma que determina o fornecimento é a NTC 04 (Revisão 04) de maio/2016 da CELG D, ainda que atualmente a empresa responsável pelo fornecimento de energia seja a ENEL.

A ENEL é uma concessionária de energia elétrica presente em quatro estados, sendo estes Rio de Janeiro, Ceará, Goiás e São Paulo, tendo feito a aquisição da CELG em fevereiro de 2017, dando início a sua atuação no Estado de Goiás.

A NTC - 04 têm como objetivo determinar diretrizes para o fornecimento de energia em tensão secundária, em redes de distribuição (subterrâneas ou aéreas) e determinar os requisitos técnicos mínimos indispensáveis que devem satisfazer as entradas de serviços.

Sendo aplicada em edificações novas ou reformas, em unidades de uso individual ou coletivo, determinando ainda que as edificações serão atendidas uma única entrada de serviço, quando atender as seguintes determinações:

- a. Carga instalada for inferior a 75 KW;
- b. Demanda máxima da edificação individual: 66 KVA;
- c. Cada parte da edificação (loja, apartamento etc.) apresentar medição individualizada.

De acordo com a carga instalada é determinado a demanda, tipo de rede e local onde estiver situada a unidade consumidora, podendo ser em tensão monofásica, bifásica ou trifásica, apresentando cada tipo suas categorias, conforme apresentado abaixo

#### 2.2.2.1 Monofásico

A ligação monofásica é realizada em dois condutores sendo eles fase e neutro, apresentando três categorias, conforme tabela 2.

**Tabela 2** - Categoria monofásica.

<b>Categoria</b>	<b>Carga instalada</b>
M1	Carga instalada até 5 KW
M2	Carga instalada entre 5,1 e 9 KW
M3	Carga instalada entre 9,1 e 12 KW

Fonte: Norma Técnica da Celg – 04.

#### 2.2.2.2 Bifásico

Nesse tipo de ligação são executados três condutores sendo eles duas fases e um neutro, apresentando duas categorias conforme tabela 3.

**Tabela 3** - Categoria bifásica.

<b>Categoria</b>	<b>Carga instalada</b>
B1	Carga instalada entre 12,1 e 20 KW
B2	Carga instalada entre 20 e 25 KW

Fonte: NTC – 04.

### 2.2.2.3 Trifásica

São feitas a partir de quatro fios sendo três fases e um neutro, apresentando cinco categorias, conforme tabela 4.

**Tabela 4** - Categoria trifásica.

<b>Categoria</b>	<b>Carga instalada</b>
T1	Carga instalada igual ou inferior a 75 KW, cuja demanda seja menor ou igual a 26 KVA.
T2	Carga instalada igual ou inferior a 75 KW, cuja demanda seja maior que 26 e, no máximo, igual a 39 KVA.
T3	Carga instalada igual ou inferior a 75 KW, cuja demanda seja maior que 39 e, no máximo, igual a 46 KVA.
T4	Carga instalada igual ou inferior a 75 KW, cuja demanda seja maior que 46 e, no máximo, igual a 66 KVA.
T5	Demanda maior que 66 e, no máximo, igual a 75 KVA, para consumidores do grupo B atendidos por rede de distribuição subterrânea.

Fonte: NTC – 04.

### 2.2.3 Demanda provável

A demanda provável é a razão que existe entre a demanda máxima e a potência instalada, sendo seu cálculo necessário apenas quando o tipo de fornecimento é trifásico. Pode-se observar que todas as instalações elétricas sendo elas residenciais prediais, industriais ou comerciais, tende a ter um fator muito semelhante que é a variação de consumo da potência elétrica a cada minuto.

Isso ocorre devido as diferentes cargas da instalação elétrica, onde essas cargas estarão em funcionamentos diferentes, ou seja, não estão trabalhando simultaneamente. Isso se dá devido à quantidade da potência elétrica absorvida e das devidas cargas em operação (LIMA, 2011).

A determinação da demanda exige uma influência de vários elementos de classe do consumidos (industrial, comercial e residencial), dependem também do período do ano e vários outros fatores.

A demanda provável é o valor utilizado para dar origem ao dimensionamento dos condutores de alimentação e dos dispositivos de proteção. O fator da demanda e os meios entre a demanda máxima e a potência instalada para determinar esse fator utilizam-se da seguinte fórmula:

$$FD = \frac{D_{max}}{P_{inst}} \quad (3)$$

Segundo a ENEL em seu item:

“13.1.1e item 13.2, as demandas de edificações individuais e de agrupamentos não previstos no item 13.2, bem como os respectivos condutores do ramal de entrada e ligação, eletrodutos, proteção geral, aterramento da entrada em baixa tensão e os diversos trechos comuns das instalações, deverão ser determinados pela expressão:

$$D = a + (b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8) + c + d + e; \quad (4)$$

Onde cada uma das demandas abaixo citadas deve ser calculada com base nas tabelas indicadas: Sendo:

D = demanda total da edificação, em KVA;

a = iluminação e tomadas de uso geral, Tabela 2;

b1 = chuveiros elétricos, Tabela 3;

b2 = torneiras elétricas, Tabela 3;

b3 = máquinas de lavar louça, Tabela 3;

b4 = aquecedores de passagem, Tabela 3;

b5 = aquecedores de acumulação, Tabela 3;

b6 = fornos e fogões elétricos, Tabela 5;

b7 = máquinas de secar roupas, Tabela 3;

b8 = fornos de micro-ondas, Tabela 3;

c = aparelhos de ar condicionado, tipo split ou janela, Tabela;

d = demanda de força (motores, bombas e máquinas de solda tipo motor-gerador) calculada aplicando-se os seguintes fatores de demanda:

d.1) edifícios residenciais de uso coletivo:

- para potência do maior aparelho  $FD = 0,8$ ;
- para potência dos demais  $FD = 0,5$ .

d.2) indústrias e outros: adotar fator de demanda compatível com o tipo de atividade, determinado conforme o ciclo de funcionamento dos motores; sendo ainda passível de aprovação por parte da CELG D e de inteira responsabilidade do projetista; e = demanda individual das máquinas de solda a transformador; conforme indicado a seguir:

NTC-04 / DT - SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA 40

- 100% da potência do maior aparelho
- 70% do referente ao segundo maior aparelho, acrescido de
- 40% do terceiro maior aparelho, somado a
- 30% do referente aos demais aparelhos”.

A equação apresentada acima é retirada da NTC 04 (CELG – D) deve ser utilizada apenas para cálculos de unidades individuais. Para edificações prediais por exemplo, classificadas como uso coletivo, são necessárias à utilização de outra equação, as tabelas citadas podem ser encontradas no anexo A.

#### **2.2.4 Setores de uma instalação elétrica**

A origem de uma instalação se apresenta após a medição e sua consequente proteção e, também, é o ponto de alimentação da instalação onde a partir dela se aplica a NBR 5410.

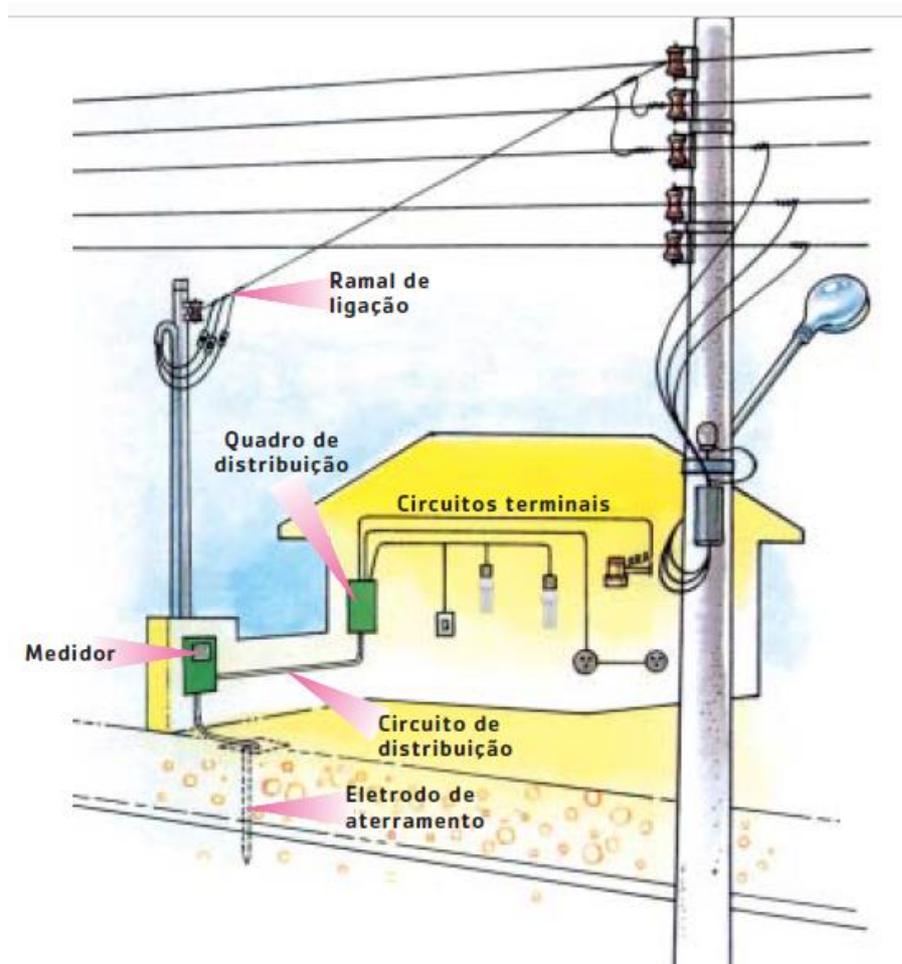
Antes da origem existem alguns setores, como a entrada de serviço, que é um conjunto de equipamentos, condutores e acessórios entre o ponto de derivação da rede e a medição, existe também o ponto de entrega, que é o ponto até o qual a concessionária tem a obrigação de fornecer a energia.

Após a origem apresenta-se o circuito de distribuição que alimenta um ou mais quadros de distribuição, existe também o circuito terminal que é ligado diretamente a equipamentos de utilização e tomadas de corrente.

Em seguida apresenta-se o quadro de distribuição principal, que segundo a NBR 5410 é o primeiro quadro de distribuição após a entrada da linha elétrica na edificação, ele pode desempenhar a função de proteção, seccionamento, controle e medição.

No quadro de distribuição existe o dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual, no qual, segundo a NBR 5410 é um dispositivo de seccionamento mecânico ou associado de dispositivos destinados a provocar a abertura quando a corrente diferencial-residual atinge um valor dado em condições específicas. Na saída do quadro de distribuição apresentam-se os circuitos terminais que fornecem a ligação de equipamentos e tomadas de corrente (LIMA, 2011). A figura 8 apresenta um esquema dos setores de uma instalação elétrica.

**Figura 8** - Setores de uma instalação elétrica.



Fonte: PIRELLI, 2003.

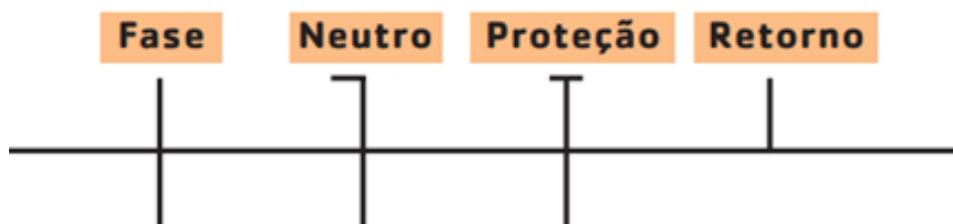
### 2.2.5 Recomendações para a Representação dos Pontos de luz, tomadas e Interruptores.

Conforme se extrai da NBR5410, ocorre que para uma distribuição sólida dos pontos de luz e tomadas dentro de um ambiente deve obedecer aos seguintes critérios recomendados: I – Cada ambiente deve conter pelo menos 1 ponto de luz no teto comandado por um interruptor de parede; II - Para cada cômodo com área igual ou inferior a 6,00 m<sup>2</sup> deve haver pelo menos 1 tomada; III - Para os cômodos com área maior do que 6,00 m<sup>2</sup> devem haver pelo menos uma tomada para 5m de perímetro ou fração; IV - Para cozinhas, copas, áreas de serviço e banheiros deve haver pelo menos uma tomada para cada 3,50 m ou fração; V - Para subsolos, garagens, varandas e sótão devem haver pelo menos uma tomada. No entanto, arquitetos devem sempre projetar pensando no máximo conforto e segurança. Listar todos os equipamentos, fontes iluminantes e tomadas de serviço que sejam necessárias para atender com total perfeição às necessidades do cliente.

### 2.2.6 Recomendações para a Representação da Tubulação e da Fiação

A NBR 5410:2004 em suas normas estabelece um padrão de cores para a identificação de condutores, são elas, verde e amarelo para condutores de proteção, vermelho para fase, azul para neutro e cor preta para condutores de retorno. Também, é padronizada também a simbologia para representação em projeto dos condutores, como mostra a figura 9. Vejamos a simbologia a seguir:

**Figura 9** - Padronização de simbologia dos condutores.



Fonte: PIRELLI, 2003.

A norma técnica responsável pelos símbolos padrões é a NBR 5444:89, que é baseada em figuras geométricas simples para permitir uma representação clara dos dispositivos elétricos, baseiam-se em quatro elementos geométricos, o traço, o círculo, o triângulo equilátero

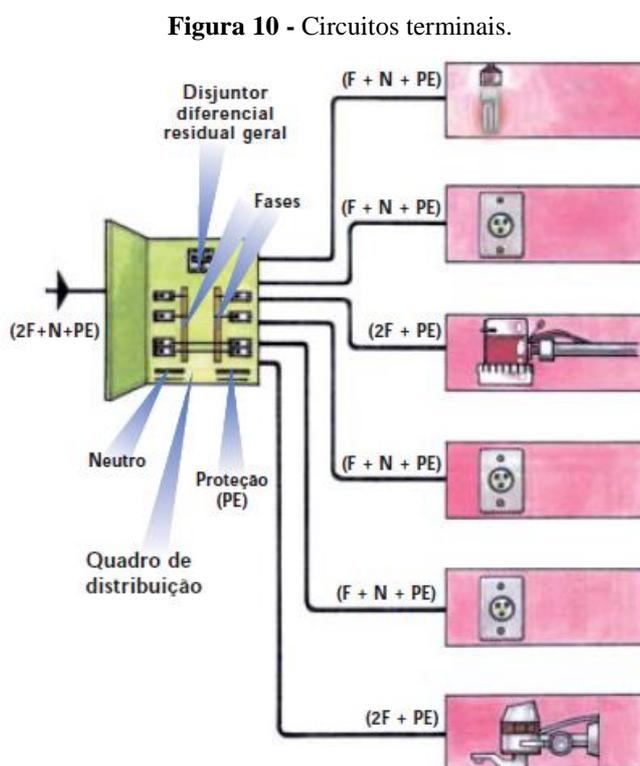
e o quadrado. O traço representa os eletrodutos e os diâmetros devem ser anotados em milímetros.

### 2.2.7 Divisão da instalação em circuitos terminais

A princípio, os circuitos terminais devem ser projetados de forma que se evitem carregamentos elevados que eleve a potência nominal, tal fator acarreta condutores de seção nominal muito grande, que eleva o custo e dificulta a execução da instalação dentro dos eletrodutos.

Cada circuito terminal deve ser ligado a um dispositivo de proteção, sejam disjuntores termomagnéticos ou residuais diferenciais. De acordo com a NBR 5410 os circuitos terminais devem ser individualizados pela função do equipamento, sendo necessária a previsão de circuitos independentes para tomadas de uso geral de cozinhas, copas e áreas de serviço e para tomadas de uso específico a individualização se faz necessária para equipamentos que absorvam correntes iguais ou superiores a 10A (Figura 8).

A potência dos circuitos deve ser limitada a 1270VA ou 2200VA, dependendo da região para determinação da potência instalada (CARVALHO, 2016).



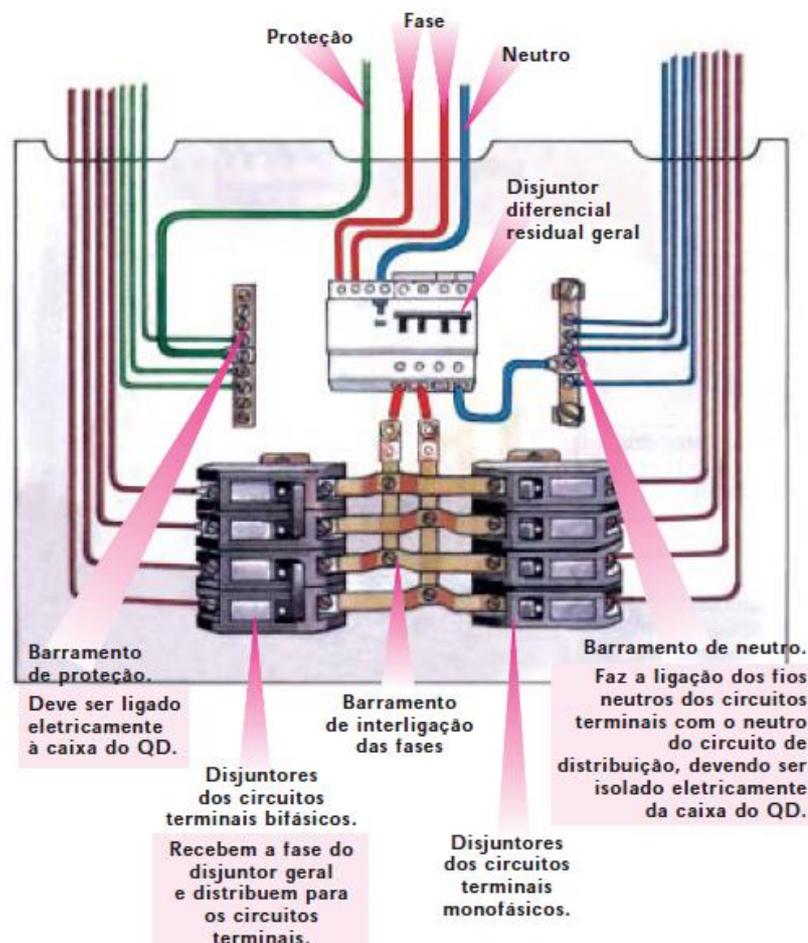
Fonte: PIRELLI, 2003.

## 2.2.8 Quadro de Distribuição de Cargas

Como definição tem-se que o quadro de distribuição de cargas é o centro de distribuição de energia de toda a instalação elétrica, visto que recebe todos os condutores que vem do medidor, nele estão dispostos todos os dispositivos de proteção e dividem os circuitos de alimentação de todos os equipamentos existentes na instalação elétrica.

O quadro de distribuição apresenta inúmeros componentes, que são: barramento de proteção, barramento de neutro, barramento de interligação de fases, disjuntores termomagnéticos e diferenciais (Figura 9). Devem ser observados alguns fatores importantes para a sua montagem, como a acessibilidade de todos os componentes instalados, a identificação de tais componentes com placas e etiquetas, a independência de cada componente e a prevenção de espaço reserva prevendo futuras demandas. A NBR 5410 apresenta que a capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição. (CARVALHO, 2016).

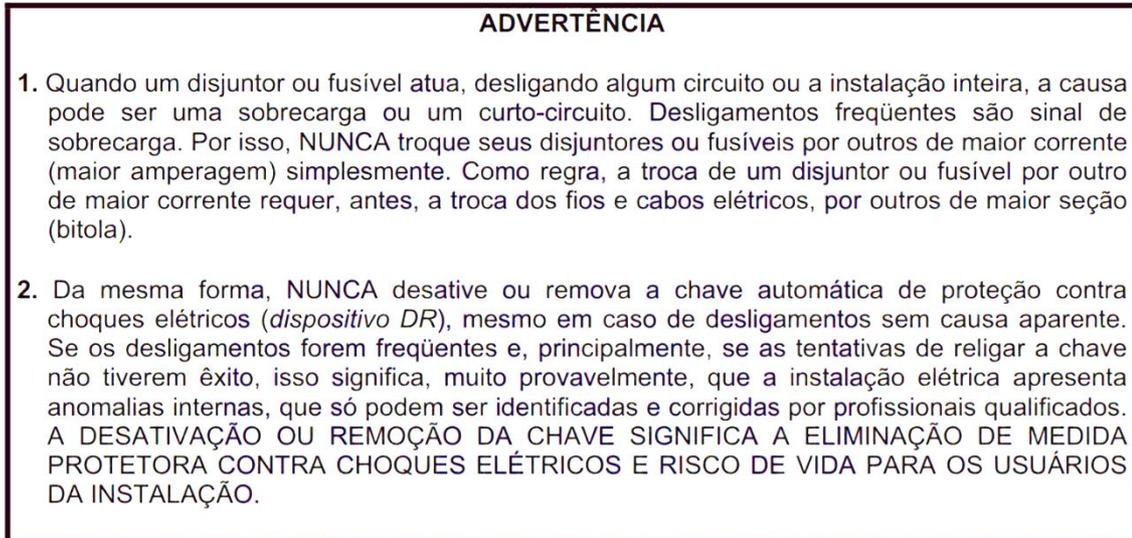
**Figura 11 - Quadro de distribuição.**



Fonte: PIRELLI, 2003.

Segundo o item 6.5.4.10 da NBR 5410:2004, os quadros de distribuição devem ser entregues com a advertência da figura 12, sendo que a mesma não deve ser facilmente removível.

**Figura 12 - Advertência Quadro de Distribuição.**

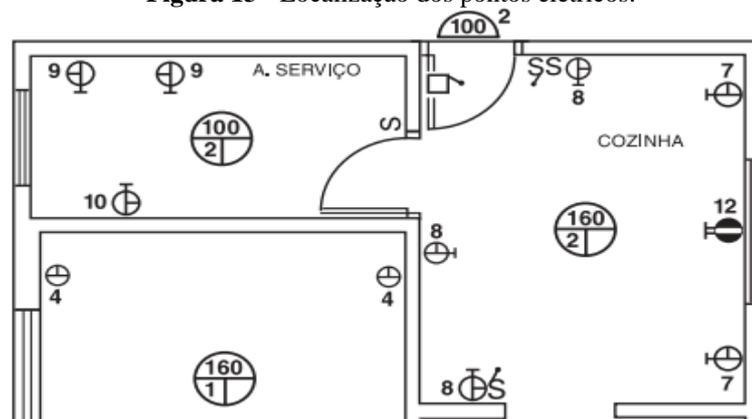


Fonte: NBR 5410:2004.

### 2.2.8.1 Locação dos pontos elétricos

Na locação dos pontos de utilização (pontos de iluminação e pontos) de tomadas, comando e proteção, é necessária a análise detalhada do layout e cada ambiente do projeto arquitetônico, observando a disposição de móveis e aparelhos eletrônicos, bem como a análise dos projetos complementares, verificando a interferência de fatores como a locação de pontos elétricos sobre elementos como vigas e pilares, rede de água, esgoto e telefônica, dentre outros fatores.

**Figura 13 - Localização dos pontos elétricos.**



Fonte: HABITISSIMO (2016).

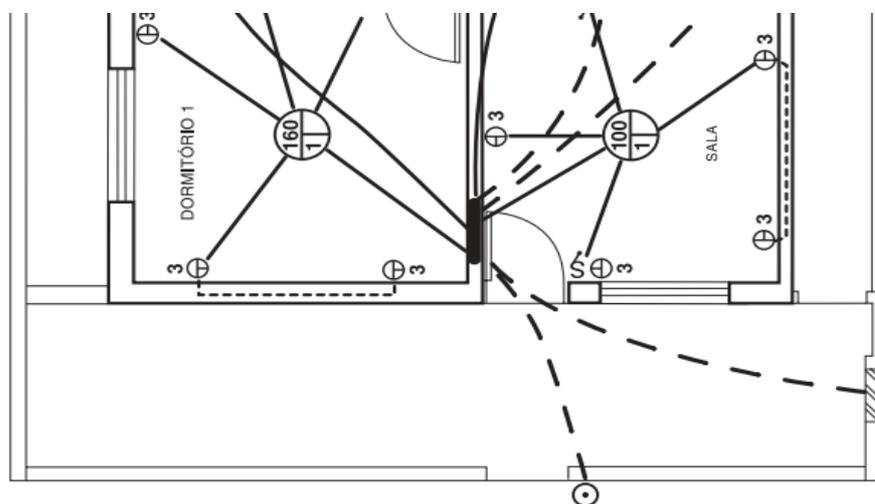
A NBR 5410:2004 no item 4.2.5.4, descreve que na divisão e distribuição das instalações é necessário a previsão de instalações futuras e possíveis ampliações. Deve ser ressaltado que os dispositivos de comando e pontos de iluminação devem ser previstos de maneira a oferecer comodidade e segurança.

### 2.2.8.2 Localização dos quadros elétricos

Recomenda-se por questão de segurança que os quadros elétricos sejam instalados em lugares de fácil acesso, é importante também que a quadro de distribuição seja locado o mais próximo possível do medidor, pois evita gastos onerosos com os fios de bitola maior.

A NBR 5410 indica que os quadros de distribuição e os quadros terminais devem ser localizados preferencialmente no centro de carga da instalação, que é definido como o ponto ou região onde se concentram as maiores potências, tal indicação se explica pelo fator econômico, uma vez que se reduzem os comprimentos dos circuitos terminais diminuem-se consequentemente as quedas de tensão e possivelmente a bitola dos condutores.

**Figura 14 - Localização dos quadros elétricos.**



Fonte: HABITISSIMO (2016).

### 2.2.9 Padrões de dimensionamento

Com essas informações é possível definir se será realizada a instalação em tensão primária e secundária e consequentemente a quantidade de condutores que interligam a unidade consumidora ao sistema de distribuição da concessionária, podendo ser monofásico, bifásico ou trifásico.

Para as definições de termos técnicos, tomam-se como base normas nacionais da ABNT, dentre elas a NBR 5460, NBR 5463 e NBR 5473. Tais normas padronizam sistemas elétricos de potência (terminologia), tarifas de energia elétrica e instalação elétrica predial, respectivamente.

De acordo com LIMA (2011), os limites de fornecimento variam de cada concessionária, porém leva-se em consideração a potência instalada, a demanda máxima e o tipo de carga.

A NBR 5410 indica que para consumidores individuais, residenciais ou comerciais em que a potência instalada for igual ou menor a 75 KW, o fornecimento de energia será em baixa tensão ou tensão secundária de distribuição, contudo em edifícios de uso coletivo com demandas superiores é necessário a instalação de subestação abaixadora de tensão, com transformadores específicos para atender o cliente.

Para um correto dimensionamento, deve-se partir das recomendações para construção e instalação dos componentes principais da entrada de serviço. LIMA (2011) explana que o ramal de ligação aéreo não deve apresentar vão superior a 30 metros, e que devem ser compostos por condutores múltiplos, multiplexados e de alumínio com isolamento para 600 V, dentro da propriedade o vão não deve ultrapassar 6 metros e nem cruzar terrenos de terceiros.

Importante atentar-se também com as alturas dos condutores inferiores e o solo, que em rodovias devem ser de no mínimo 6,00 metros, em vias públicas 5,50 metros e circulação de pedestres 3,50 metros.

A NTC 04 (Celg D), que padroniza o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição em Goiás pela concessionária ENEL no item 6 indica que os condutores devem ser protegidos por dutos subterrâneos e eletrodutos aparentes em determinadas situações, como nas descidas junto à estrutura de derivação que devem apresentar eletrodutos de aço zincado por imersão a quente, conforme padronizações das NBR 5597, 5598 e 5624.

Em locais acessíveis, os condutores podem ser instalados em eletrodutos de PVC rígido, aço zincado a quente ou PEAD (polietileno de alta densidade) corrugado. Importante ressaltar que, em calçadas os eletrodutos devem ser enterrados a uma profundidade mínima de 0,60 metros e 0,80 metros nas travessias de ruas e avenidas.

### 2.2.10 Dimensionamentos dos condutores

O correto dimensionamento da seção mínima dos condutores é importante para que se possam garantir de forma simultânea condições de limites de temperatura, limites de quedas de tensão, capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecargas e capacidade de condução da corrente de curto-circuito por tempo limitado.

De acordo com LIMA (2011), após determinadas às seções dos condutores pelos critérios do limite de queda de tensão e capacidade de corrente, admite-se como resultado a maior seção, adotando o condutor padronizado comercialmente.

Conforme o item 6.2.5.2.1 da NBR 5410:2004, a temperatura máxima para serviço contínuo não pode ultrapassar os valores dados na tabela 5, de acordo com o tipo de isolamento. Podem-se também segundo o item 6.2.5.2.3, ter os valores de capacidade de condução de corrente obtidos com cálculos baseados na ABNT NBR 11301.

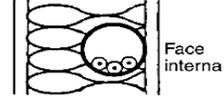
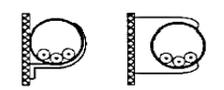
**Tabela 5** - Temperatura e tipos de isolamentos.

<b>Tipo de Isolação</b>	<b>Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C</b>	<b>Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C</b>	<b>Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C</b>
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm <sup>2</sup>	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm <sup>2</sup>	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	100	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	100	250

Fonte: NBR 5410:2004 (ADAPTADA A PESQUISA).

Importante ressaltar que, existem diversas formas de instalar os condutores, ou seja, vários tipos de linhas elétricas, tais padronizações são expostas na tabela 6 retirada da NBR-5410:2004 (tabela completa no Anexo B).

**Tabela 6 - Tipos de linhas elétricas.**

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1

Fonte: NBR-5410:2004 (ADAPTADA A PESQUISA).

## 2.2.11 Dimensionamentos de eletrodutos

### 2.2.11.1 Definição características e tipos de eletrodutos

Definição é uma parte de suma importância instalação elétrica, pois são responsáveis por proteger e garantir que todos os condutores cheguem a seus pontos de ligação.

Existem vários tipos de conduto, mas com tantas variedades o mais utilizado deles é o eletroduto, que é aquele que têm maiores utilizações elétricas, principalmente nas instalações prediais.

Para o uso de instalações comerciais e de indústrias usam-se além de eletrodutos outros tipos de conduto tais como bandejas metálicas, blocos, prateleiras e canaletas. Os eletrodutos têm como função:

- Proteger os condutores contra ação mecânica, meios agressivos como (saís, ácidos, gases etc.).

Também contra incêndios, superaquecimento dos condutores, podendo também proporcionar involuntário metálico aterrado isso para casos de eletrodutos metálicos, evitando descarga elétrica.

Pode ser encontrado em produtos de várias formas e materiais. Os mesmos podem ser feitos de PVC plástico, fibra de vidro de alta durabilidade e fibrocimento, esses são os materiais não metálicos.

Materiais metálicos podem-se encontrar os seguintes tipos: aço carbono galvanizado ou esmaltado e alumínio flexível de cobre espiralado. Esses materiais dentários podem ser tanto rígidos como flexíveis roscáveis ou só na soldável, e podem ter uma espessura de parede leve, semipesada ou pesada, variando muito do tipo de material a ser usado.

A NBR destaca que para a utilização de eletrodutos é necessário que estes estejam dentro as devidas normas técnicas que é específica para todos os tipos de eletrodutos, podendo eles ser de embutir ou sobrepor. Destacam-se três normas para esses métodos citados:

- NBR 15.465 Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão – Requisitos de desempenho
- NBR 5.597 Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT — Requisitos.
- NBR 5.598 Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP — Requisitos (<https://www.mundodaeletrica.com.br/caixa-de-distribuicao-eletrica-montando-passo-a-passo/>).

### **2.2.12 Instalação de condutos e eletrodutos**

Segundo a NBR 5410, os eletrodutos calhas e valvulados podem conter condutores de mais de um circuito nos seguintes casos: quando as três condições seguintes foram simultâneas atendidas, quando os circuitos pertencerem à mesma instalação, relações nominais dos condutores fase estejam em um intervalo de três valores normalizado sucessivos, os condutores isolados e os cabos isolados tem a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.

Posto de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento só poderá ser instalado Condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares. Para o dimensionamento dos condutos ou eletrodutos é necessário descobrir a taxa máxima de ocupação de acordo com os condutores a serem usados, (FRANÇOSO, 2011).

Para este procedimento, usa-se a tabela a seguir:

**Tabela 7** - Número de condutores por eletroduto.

Seção do Condutor mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Diâmetro mínimo do eletroduto em polegadas								
1,5	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1
2,5	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1	1.1/4
4	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1	1.1/4	1.1/4	1.1/4
6	1/2	3/4	1	1	1.1/4	1.1/4	1.1/4	1.1/4	1.1/2
10	1/2	1	1.1/4	1.1/4	1.1/2	1.1/2	2	2	2
16	3/4	1.1/4	1.1/4	1.1/4	2	2	2	2	2.1/2
25	3/4	1.1/4	1.1/4	1.1/4	2	2	2.1/2	2.1/2	2.1/2

Fonte: MUNDO DA ELÉTRICA, 2018 (ADAPTADA A PESQUISA).

Os condutos eletrônicos devem ter suas dimensões calculadas de acordo com a quantidade e o diâmetro dos condutores a serem utilizados podendo permitir instalar o retirar facilmente os condutores utilizados. A taxa máxima de ocupação é a relação da área de seção transversal dos eletrodutos, sendo que essa taxa não pode ser superior (FRANÇOSO, 2011).

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

### 2.3.12 Dispositivos de proteção

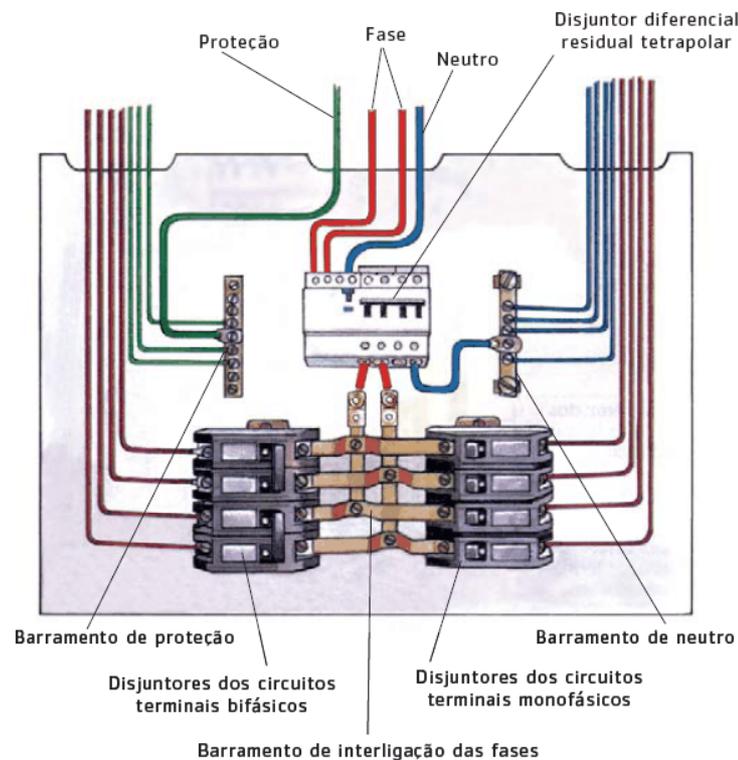
Segundo a NBR 5410, é necessário seguir as principais recomendações, para que aja total segurança de pessoas, de animais e de bens domésticos contra perigos e danos que possam receber ao usar as instalações elétricas. (Item 4.1 da NBR 5410:2004).

- Proteção contrachoque elétrico;
- Proteção contra efeitos térmicos;
- Proteção contra sobre correntes;
- Proteção contracorrentes de falta;
- Proteção contra sob retenções.

No caso de dispositivos de baixa tensão o mesmo tem função de proteger toda instalação da residência contra curtos-circuitos ou sobre cargas de energia elétrica esses são os disjuntores termoeletrônicos.

No caso do DR dispositivo de segurança recomendado pela NBR 5410. Este dispositivo é responsável por detectar a mínima fuga de energia elétrica fazendo com que desarmem evitando riscos físicos ou de bens materiais. (CARVALHO, 2016).

**Figura 15** - Esquema de proteção em quadro de distribuição Monofásico.



Fonte: PIRELLI, 2003.

## 2.3 ATERRAMENTO

Um método desenvolvido para proteção contra choques elétricos e descargas elétricas provocadas pela natureza. Esse método de proteção se torna bastante funcional e útil, pois ele pode proteger as pessoas e até mesmo os bens materiais de eventuais descargas elétricas (FRANÇOSO, 2011).

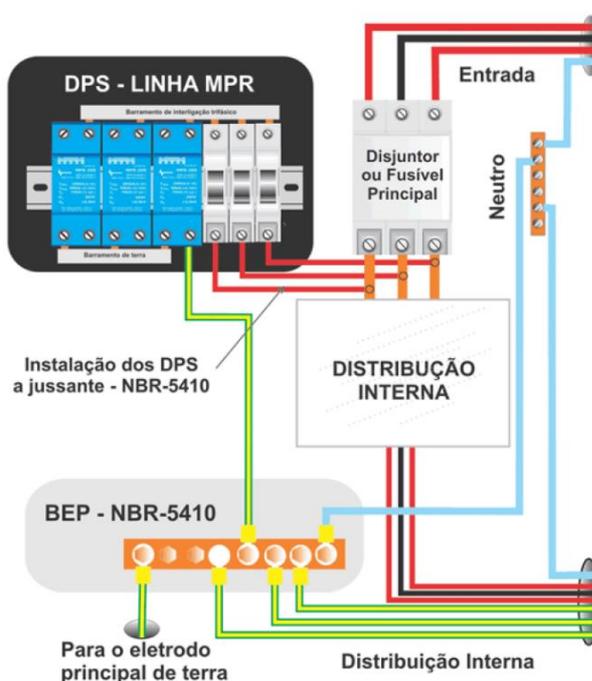
Na instalação elétrica existem dois tipos de aterramento: aterramento funcional e aterramento de proteção.

Aterramento funcional é utilizado para garantir o funcionamento correto dos equipamentos, ou para que aja um excelente funcionamento na instalação.

Aterramento de proteção é a ligação de toda a rede elétrica a uma arte metálica que conduz a elementos estranhos a terra, podendo proteger contra contatos indiretos. (LIMA, 2011).

Segundo a Celg em seu item 12, para aterramento de padrões, deverá ser feito por intermédio de hastes tipo cantoneira, zincadas a fogo, com dimensões 3 x 22 x 22 mm e comprimento mínimo 2000 mm ou hastes de aço cobreado, diâmetro 16 mm, comprimento 2400 mm e espessura mínima da camada de cobre de 254  $\mu\text{m}$  (Figura 16).

**Figura 16 - Aterramento segundo NBR 5410.**



Fonte: PIRELLI, 2003.

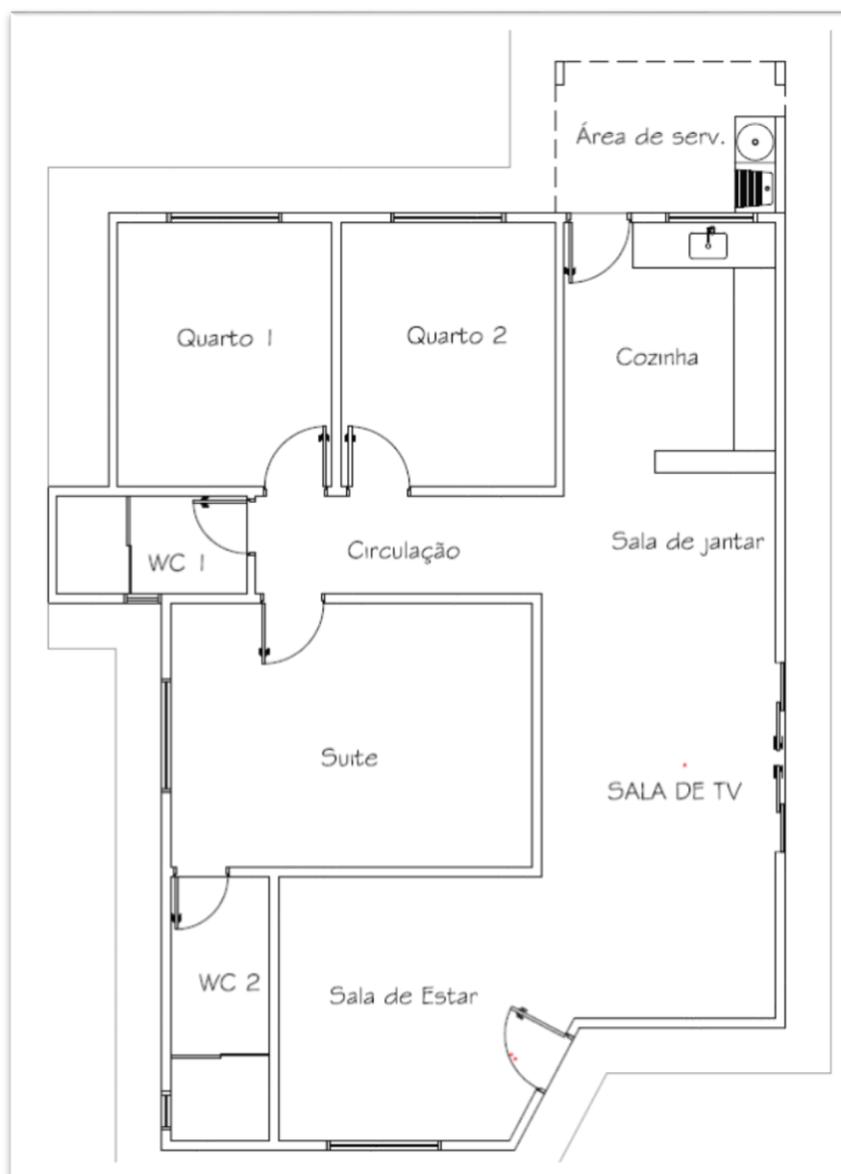
### 3. METODOLOGIA

Neste estudo serão aplicados duas metodologias distintas, a primeira consiste no dimensionamento manual do projeto elétrico, com apoio de planilhas de cálculo confeccionadas no Microsoft Excel, seguindo todas as diretrizes presentes nas normas citadas durante o trabalho. Na segunda etapa o projeto será dimensionado em software de dimensionamento e representação da empresa AltoQi, chamado Lumine.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O projeto do estudo de caso é uma residência unifamiliar de 98,17 m<sup>2</sup>, figura 17, que apresenta construção de alvenaria convencional, localizada no perímetro urbano de Goianésia, composto por:

- a. Sala de estar;
- b. Sala de TV;
- c. Sala de jantar;
- d. Circulação;
- e. Banheiro Social;
- f. Suíte;
- g. Banheiro Suíte;
- h. Quarto 1;
- i. Quarto 2;
- j. Cozinha;
- k. Área de serviço;

**Figura 17** - Projeto Arquitetônico do estudo de caso.

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Buscou-se a determinação de uma metodologia que pudesse ser aplicada simultaneamente aos dois métodos estudados, ainda que com a utilização do software algumas etapas não se fazem necessárias por serem determinados automaticamente pelo programa computacional, sendo estas:

- a. Previsão de cargas: Determinado de acordo com o item 2.3.1 do presente trabalho para o programa de cálculo manual, para cálculo computacional basta apenas a determinação de aparelhos que serão utilizados na edificação.

- b. Determinação de interruptores e pontos de luz, bem como sua posição: Segue as determinações apresentadas no item 2.3.2, para o roteiro de cálculo convencional e computacional, determinados a partir da área de cada ambiente, no caso de iluminação, sendo a localização dos interruptores no local de mais fácil acesso.
- c. Determinar as tomadas de energia e seus pontos de localização: Segundo o item 2.3.3, a quantidade de tomadas é determinada de acordo com o perímetro de cada ambiente, fazendo-se uma determinação da quantidade mínima, no entanto é importante ressaltar que com o aumento expressivo da utilização de aparelhos e equipamentos elétricos, é importante fazer considerações sobre a quantidade de tomadas em cada ambiente, tendo em vista o atendimento completo da demanda;
- d. Determinação da potência dos equipamentos: Segundo item 2.3.4 apenas para o cálculo manual, tendo em vista que o programa computacional determina essa potência automaticamente;
- e. Determinar o quadro de circuito e distribuição em seu local pré-definido: segundo item 2.5.3 do presente estudo para ambos os casos;
- f. Determinar percursos dos condutores em seus determinados.
- g. Eletrodutos;
- h. Determinar Carga total e demanda: Segundo item 2.4 para cálculo manual e gerado automaticamente pelo programa computacional;
- i. Determinar padrão de entrada de energia: Segundo item 2.6 para ambos os casos;
- j. Determinar os sistemas de proteção: Segundo item 2.3.5 para ambos os programas;
- k. Elaboração de Layout de quadros e planta;
- l. Definir quantitativo de material: O software computacional gera lista automaticamente, no caso de determinação manual além dos equipamentos necessários, para a determinação de condutores e eletrodutos é preciso considerar as medidas apresentadas no plano horizontal, bem como a altura que sobem e descem até as caixas;

## 3.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ELÉTRICO CÁLCULO MANUAL

### 3.2.1 Integração dos circuitos

Para o dimensionamento dos circuitos e cargas é necessário a determinação dos aparelhos de utilização e pontos de iluminação dos ambientes que serão considerados no dimensionamento.

### 3.2.2 Projeto luminotécnico

Para a determinação do projeto luminotécnico são considerados os conceitos de normas vigentes para a quantificação de luminescência e potência necessárias para suprir a demanda de cada ambiente e após isso é definido a carga e circuitos da edificação.

É importante determinar as lâmpadas que serão utilizadas no projeto e depois é realizado o cálculo de previsão de cargas que tem como objetivo especificação de todos os pontos de iluminação, nessa etapa do projeto é determinado a potência, quantidade e localização dos pontos de iluminação por ambiente, de modo a se obter a carga total deste.

A divisão dos circuitos de iluminação é realizada de modo a não oferecerem riscos de realimentação por outro, atendendo as determinação da NBR 5410, de acordo com a tabela 8:

**Tabela 8** - Exigências para a divisão da instalação.

<b>Exigências</b>	<b>Exemplo</b>
Segurança:	Evitando que a falha em um circuito prive a alimentação de toda uma área
Conservação de energia:	Possibilitando que cargas de iluminação e/ou de climatização sejam adicionadas na justa medida das necessidades
Funcionais:	Viabilizando a criação de diferentes ambientes, como os necessários em recintos de lazer etc.
Manutenção:	Facilitando ou possibilitando ações de inspeção e reparo

Fonte: NBR 5410:2004 (2017).

### 3.2.3 Distribuição de tomadas e equipamentos

A distribuição de tomadas foi baseada na NBR 5410:2004, em função do perímetro do ambiente. A partir da previsão de carga são estabelecidos os pontos de utilização dos

equipamentos, nesta etapa do processo determina-se potência, quantitativos e o local de instalação dos pontos, sendo possível determinar a carga total.

Os circuitos de tomadas e equipamentos de utilização são divididos de modo que seu desligamento ou a interrupção de seu funcionamento não prejudique ou limite o funcionamento dos demais.

### **3.2.4 Demanda de instalação**

Considerando que em uma edificação, os pontos de iluminação e tomadas não são solicitados todos ao mesmo tempo, determina-se a demanda de instalação, a partir do fator de Demanda, que é representado por uma porcentagem das potências previstas que serão solicitadas ao mesmo tempo.

### **3.2.5 Tipo de ligação da entrada**

Após o cálculo da Demanda é possível definir a categoria de atendimento da concessionária, de acordo com as **tabelas 2, 3 e 4**.

### **3.2.6 Dimensionamentos**

#### **3.2.6.1 Dimensionamento dos condutores e disjuntores**

De modo a evitar superaquecimento são dimensionadas as bitolas da fiação de cada circuito, e para prevenir sobrecorrentes ou curto-circuitos são dimensionados disjuntores para estes. Para isso é necessário as seguintes informações: Números de circuitos e corrente de cada circuito, definindo assim a seção dos condutores e o valor de sua corrente nominal.

Para a determinação destes equipamentos foram seguidas as seguintes determinações:

- Circuitos de TUG:  $I_{\text{circuito}} = 70\%$  da capacidade do disjuntor;
- Circuitos de TUE:  $I_{\text{circuito}} = 80\%$  da capacidade do disjuntor;

### 3.2.6.2 Diferencial Residual (DR)

Os equipamentos de Diferencial Residual (DR) tem a função de proteger pessoas de choques elétricos que possam por em risco sua integridade. Serão utilizados na chave geral do Quadro de Distribuição (QD).

É de extrema importância que o disjuntor seja compatível com a capacidade da fiação do circuito protegido.

### 3.2.6.3 Eletrodutos

Os eletrodutos têm a função de proteção mecânica, ataques químicos da atmosfera e contra os perigos de incêndio provenientes de superaquecimentos ou arco-voltaicos aos condutores.

Devem ser calculados com base na seção e na quantidade de condutores a serem instalados nos eletrodutos, seu diâmetro deve ser definido de modo que os condutores passem facilmente por seu interior, facilitando a instalação e a remoção, por isso é exigido que não ocupem mais que 40% da área útil dos eletrodutos.

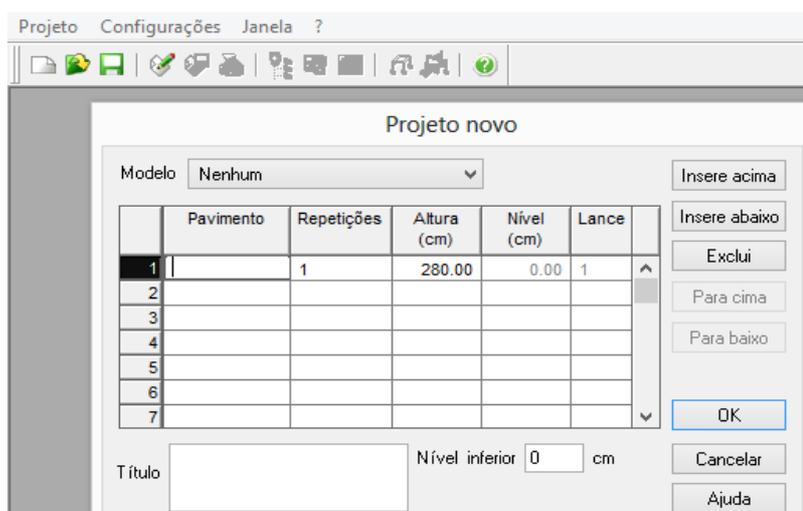
## 3.3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO ELÉTRICO EM SOFTWARE

Neste item será apresentado as etapas para o desenvolvimento do projeto no software, bem como características utilizadas pelos fabricantes.

### 3.3.1 O software Lumine

O Lumine é um programa computacional de instalações elétricas, desenvolvido pela empresa AltoQi, fornecedora ainda de programas para projetos estruturais, hidrosanitários e etc. É um software particular, comercializado pela própria desenvolvedora. O primeiro passo para o lançamento do projeto é a definição da quantidade de pavimentos, bem como a altura de seu pé direito, conforme figura 18.

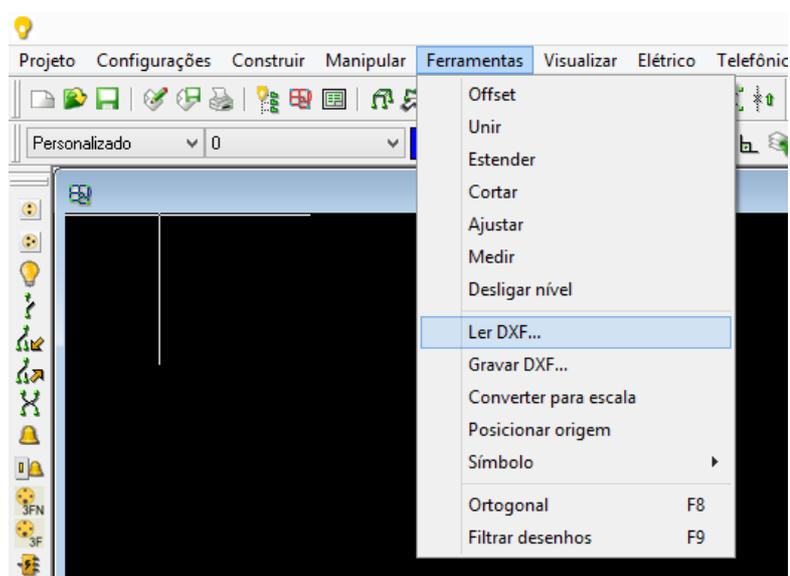
**Figura 18 - Lançamento de projeto.**



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Possui integração com o autocad (.dxf), segundo figura 19, possibilitando a exportação da arquitetura para o programa, sendo possível ainda exportar as pranchas geradas no Lumine (.exe) para Autocad.

**Figura 19 - Exportação de arquitetura.**



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

O cálculo luminotécnico, bem como o lançamento automático de luminárias, dimensionamento de fiação, determinação do quadro de cargas, diagramas unifilar, trifilar, lista de materiais e detalhamento de padrões são alguns elementos que asseguram a grande produtividade do software, tendo em vista o grande tempo economizado durante o processo de cálculo.

### 3.3.2 Iluminação

O programa possibilita o lançamento da iluminação de duas maneiras distintas, a primeira através do lançamento manual das luminárias e a segunda através do lançamento automático, a partir da delimitação da área, figura 20.

**Figura 20** - lançamento de luminárias.

**Método dos Lúmens**

**Local**  
 Largura: 4.35 cm  
 Comprimento: 5.95 cm  
 Altura: 270 cm  
 Índice: 0.009

**Pontos**  
 Circuito: <Indefinido>  
 Comando: Nenhum  
 Tipo: Lâmpada  
 Posição: Teto  
 Elevação: 275 cm

**Luminária**  
 Grupo: Lâmpada Incandescente  
 Subgrupo: Anti-impacto/inseto - sobrepor (parede)  
 Peça: anti-impacto 100 W  
 Fluxo luminoso: 990 lumens  
 Coef. de utilização: 0.150  
 Fator de manutenção: 0.85

**Refletâncias**  
 Teto: 80%  
 Paredes: 50%  
 Piso: 30%

**Resultados**  
 Iluminância: 200 lx  
 Fluxo total: 4 lumens  
 Luminárias: 1

**Distribuição**  
 Linhas: 1  
 Colunas: 1

OK Cancelar Relatório... Ajuda Recalcular luminárias

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Conforme apresentado na figura é possível determinar o grupo da luminárias (incandescente, fluorescente etc), seu sub grupo (de teto, de parede, etc), bem como a sua potência, podendo ainda ser adotado a luminância que melhor se adequar ao projeto a ser realizado, tendo ainda a possibilidade de consulta na norma vigente para melhor escolha da luminância desejada. Sendo a sua altura determina de acordo com pé direito adotado no projeto.

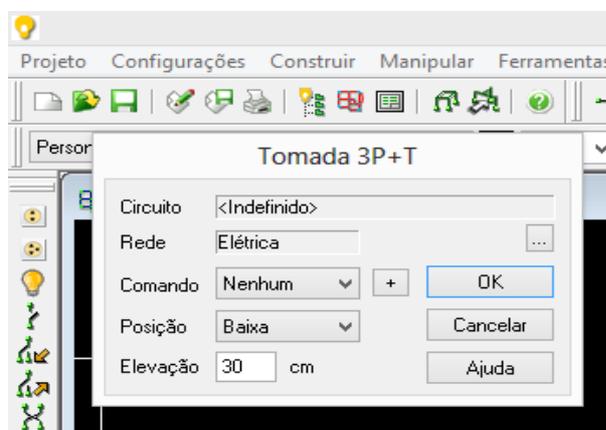
Os interruptores são lançados um a um, figura 21, segundo a sua necessidade e modelo, sendo localizados em local determinado pelo projetista, preferencialmente de fácil acesso, sendo possível acender a luminária logo que se tem acesso ao cômodo. Devendo ser cada interruptor associado a luminária respectiva.

**Figura 21** - Lançamento de interruptores.

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

### 3.3.3 Tomadas

As tomadas são lançadas, figura 22, nos cômodos obedecendo sempre as normas vigentes, segundo critérios definidos pelo projeto, sendo lançadas uma a uma nos cômodos, respeitando o atendimento aos aparelhos previstos em cada ambiente, sendo possível determinar sua localização (alta, média ou baixa).

**Figura 22** - Lançamento de Tomadas.

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

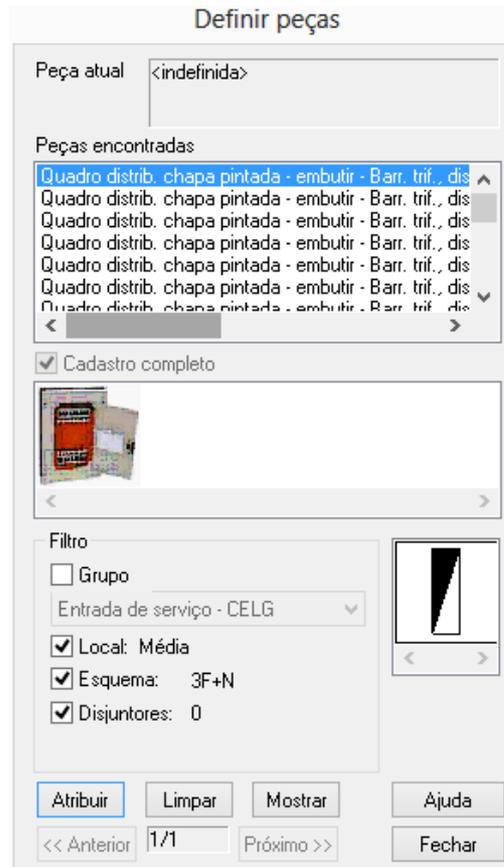
É possível ainda o lançamento de TUE, havendo a possibilidade de determinar qual aparelho será utilizado naquele ponto específico, onde a previsão de potência será adaptada ao uso.

### 3.3.4 Lançamento do quadro de distribuição

O lançamento do quadro de distribuição deve atender a demanda do projeto, devendo sua localização ser indicada por este, o programa apresenta inúmeros equipamentos, que podem

ser escolhidos de acordo com os critérios de cada projeto. Pode ser filtrado por grupo (concessionária de energia), esquema (3F+N; 3F), por altura do equipamento (alto, médio, baixo) e por disjuntores. Conforme a figura 23.

**Figura 23 - Quadro de distribuição.**

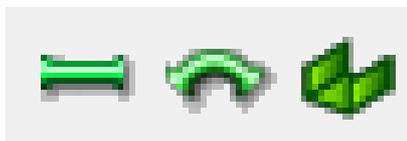


Fonte: DADOS DA PESQUISA.

### 3.3.5 Lançamento dos eletrodutos

Após a determinação dos quadros é realizado o lançamento de eletrodutos ou eletrocalhas, podendo ser realizada a escolha em condutos (Figura 24), sendo possível determinar o número do conduto, ainda que este dado seja gerado automaticamente pelo programa, seu grupo, seu diâmetro e sua elevação (média, alta ou baixa).

**Figura 24 - Lançamento de eletrodutos.**

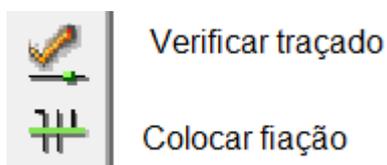


Fonte: DADOS DA PESQUISA.

### 3.3.6 Verificação de traçado e lançamento de fiação

São dois comandos distintos (figura 25) que servem para verificar se não há erros no lançamento dos eletrodutos e circuitos do quadro de distribuição (como TUG e iluminação em um mesmo circuito), quando o programa encontra erros é gerado um relatório para facilitar a correção dos mesmos, a fiação é gerada de modo automático apenas quando não há erros de lançamento no projeto.

**Figura 25** - Verificação de traçado e lançamento de fiação.

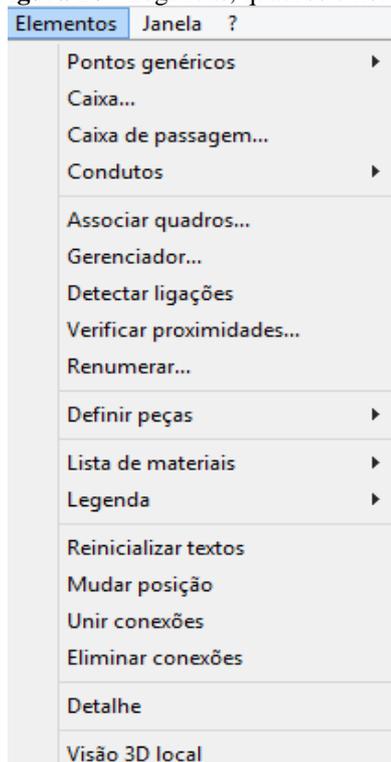


Fonte: DADOS DA PESQUISA.

### 3.3.7 Legendas, quadros e listas

Concluído a parte da fiação, a partir do guia elementos, é possível gerar tabelas, quadros e legendas pertinentes ao projeto, conforme figura 26.

**Figura 26** - Legendas, quadros e listas.



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 CÁLCULO MANUAL**

#### **4.1.1 Projeto luminotécnico**

O projeto luminotécnico está embasado nas seguintes normas: NBR 5413: 1992 (itens 5.2.4, 5.3.14 – Garagens, 5.3.55 – Lavanderias e 5.3.65 – Residências) e na NBR 5410:2004, é feita a quantificação da luminescência e/ou potência necessária para cada ambiente para posterior definição das cargas e circuitos da edificação.

#### **4.1.2 Equipamentos de iluminação**

- a) Luminárias e acessórios;
  - Luminária sobrepor incandescentes (100 w e 60 w);
  - Planfonier 4’;
  - Soquete base E 27;
  
- b) Lâmpadas
  - Uso geral 100 w e 60 w;

#### **4.1.3 Cálculo da previsão de cargas**

A previsão de carga tem como objetivo determinar todos os pontos de utilização de iluminação que será instalada. Nesta parte do projeto será determinada a potência, a localização e a quantidade de pontos de iluminação de cada cômodo, gerando também a carga total dos mesmos.

Os cálculos do projeto, com potência total 1.400V. A, está representado na tabela 9.

**Tabela 9** - Cálculo da potência de iluminação.

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Potência de Iluminação (VA)	
Quarto 1	9,87	$9,87 = 6 + 3,87$	100
Quarto 2	9,87	$9,87 = 6 + 3,87$	100
Suíte	16,66	$16,66 = 6+4+4+2,66$	220
WC 1	3,25	-	100
WC 2	4,55	-	100
Sala de Estar	12,91	$12,91 = 6 + 4 + 2,91$	160
Sala de TV	16,51	$16,51 = 6 + 4 + 4 + 2,51$	220
Sala de Jantar	5,67	-	100
Cozinha	8,40	$8,40 = 6 + 2,40$	100
Circulação	4,88	-	100
Área de Serviço	6,04	-	100
<b>TOTAL</b>			<b>1.400</b>

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

#### 4.1.4 Distribuição de Tomadas e Equipamentos

Segundo a NBR 5410:2004, foi definido a distribuição de todas as tomadas para cada ambiente em função do perímetro. Após determinar a revisão de cargas é possível definir os pontos de utilização dos equipamentos que farão parte da instalação.

Sendo assim nesta parte do projeto será definida a quantidade de todos os pontos e suas potências, gerando a carga total. Na tabela 10, pode-se identificar todos os itens citados acima, tendo como resultado as potências totais, TUG's e TUE's.

**Tabela 10** - Cálculo e distribuição de tomadas e equipamentos.

Ambiente	Dimensões		TUG's		TUE's		
	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Quant.	Pot.	Quant.	Tipo	Pot (W)
Quarto 1	9,87	12,64	3	300	1	AC	2.400
Quarto 2	9,87	12,64	3	300	1	AC	2.400
Suíte	16,66	16,52	4	400	1	AC	2.400
WC 1	3,25	7,60	1	600	1	CH	6.000
WC 2	4,55	9,60	1	600	1	CH	6.000
Sala de Estar	12,91	14,13	3	300			
Sala de TV	16,51	17,40	4	400			
Sala de Jantar	5,67	9,96	2	200			
Cozinha	8,40	11,60	4	1.900	2	FE; FG	2.500; 2.200
Circulação	4,88	10,12	1	100			
Área de Serviço	6,04	10,04	3	1.800			
<b>TOTAL</b>				<b>5.520</b>			<b>23.900</b>

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Com os pontos e potencias de iluminação e tomadas determinados, podemos calcular a potência total da edificação. Estão apresentados na tabela 11 os resultados já determinados anteriormente, bem como o resultado da potência total instalada.

**Tabela 11** - Cálculo total da distribuição de tomadas, iluminação e equipamentos.

Ambiente	Dimensões		Iluminação		TUG's		TUE's		
	Área	Perímetro	Qt.	Pot. Total	Qt.	Pot. Total	Qt.	Tipo	Pot. Total
Sala de Visita	12,88	14,11	2	160	3	300			
Sala de Estar	14,34	15,99	3	220	4	400			
Sala de jantar	7,79	11,33	1	100	3	300			
Cozinha	8,38	11,59	1	100	4	1.900	2	FG - FE	4.700
Área de Serviço	5,79	9,79	1	100	3	1.800			
Suíte	16,63	16,50	3	220	4	400	1	AR	2.400
WC 1	4,54	9,59	1	100	1	600	1	CH	6.000
Quarto 1	9,85	12,63	1	100	3	300	1	AR	2.400
Quarto 2	9,85	12,63	1	100	3	300	1	AR	2.400
WC 2	3,24	7,59	1	100	1	600	1	CH	6.000
Hall	4,88	10,11	1	100	2	200			
<b>TOTAL</b>	<b>98,17</b>			<b>1.400</b>		<b>7.100</b>			<b>23.900</b>

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Fazendo a somatória do total de cada potência representada acima, pode-se determinar a potência ativa e classificar qual fase deverá ser utilizada. Assim como apresentado na tabela 12.

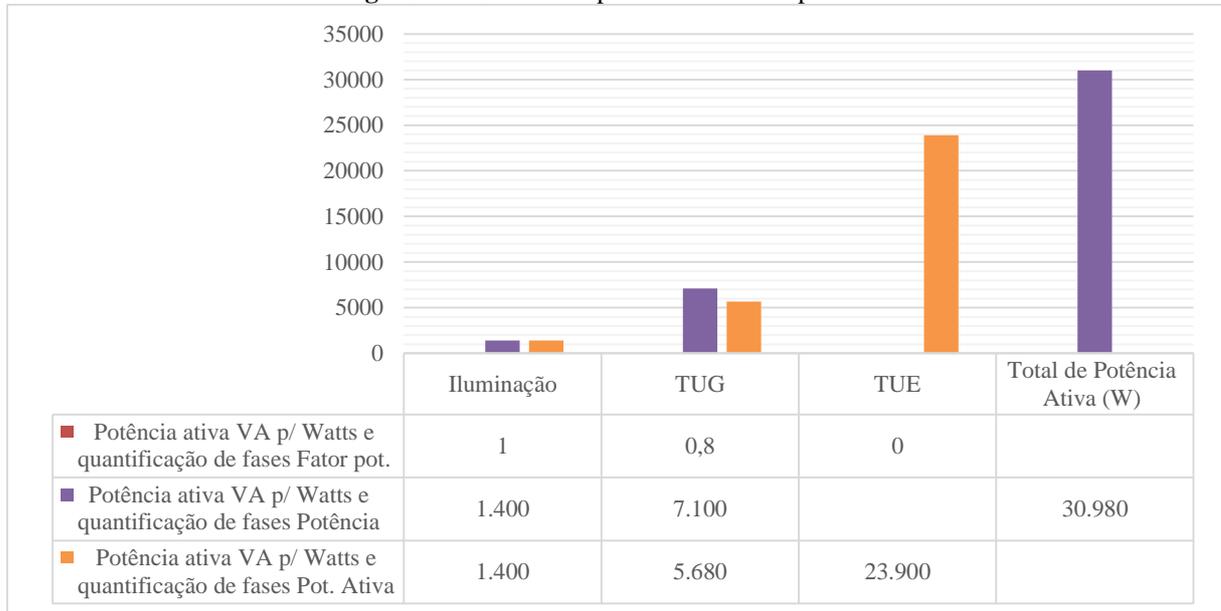
**Tabela 12** - Cálculo da potência ativa VA p/ Watts e quantificação de fases.

Potência ativa VA p/ Watts e quantificação de fases			
Item	Fator pot.	Potência	Pot. Ativa
Iluminação	1	1.400	1.400
TUG	0,8	7.100	5.680
TUE	sem fator		23.900
<b>Total de Potência Ativa (W)</b>			<b>30.980</b>
<b>Classificação quanto a Fase:</b>			<b>Trifásico</b>
<b>Cálculo de Demanda:</b>			<b>Sim</b>

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

O valor total que obtivemos da carga de instalação foi de 30.980 W.

**Figura 27** - Cálculo da potência ativa VA p/ Watts



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

#### 4.1.5 Quadro de Demanda

Com a ideia de que em uma residência não serão utilizados todos os pontos de iluminação e tomadas ao mesmo tempo, iremos calcular a demanda da instalação, para isso utilizaremos o fator de demanda. Tendo como resultado a porcentagem prevista que será utilizada no maior momento de uso da instalação. Seguindo esses passos teremos os seguintes resultados:

**Tabela 13** - Cálculo da Demanda.

DEMANDA						
Quant.	Equipamento	Potência (W)	Fator de Potência	Pot. Demanda	Fator Conc.	Potencial Final da Demanda
1	Iluminação + TUG	7080	0,35	2478		
2	CH	6000	0,68	8160		
3	AC	2400	1	7200	0,95	20,52
1	FE	2500	0,8	2000		
1	FG	2200	0,8	1760		

Fonte DADOS DA PESQUISA.

#### 4.1.6 Divisões de circuitos terminais

Usando os conceitos determinados pela norma NBR 5410, no seu item 4.4.5.4, foi calculado e dividido todos os circuitos da edificação, como pode ser observado a seguir:

**Tabela 14** - Divisões de circuito.

Slot	Circuito	Descrição	Equipamento	Ambientes
1	1	TUE	AR	Suíte
2	2	TUE	AR	Quarto 1
3	3	TUE	AR	Quarto 2
4	4	TUE	CH	W. C 2
5	5	TUE	CH	W. C 1
6	6	TUEG's	-	Todos os cômodos
7	7	ILUM	-	Todos os cômodos
8	8	TUE	FG	Cozinha
9	9	TUE	FE	Cozinha
10	RES			
11	RES			
12	RES			

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

#### 4.1.7 Dimensionamento de condutores

Como definido pela NBR 5.410, utilizamos dos três métodos sugeridos para calcular e dimensionar os condutores desta residência. Primeiro calculamos pelo método da seção mínima onde determina que para iluminação usemos condutores mínimos de 1,5 e para força 2,5. Por meio de Corrente Nominal ou Corrente de Projeto onde é determinado pelas seguintes equações:

Circuitos Monofásicos (F+N, F+F) e bifásicos (2F+N);

$$I_p = \frac{P_n}{V \cos \varphi * \text{csc} \varphi * n} \quad (5)$$

Onde:

$I_p$  = corrente de projeto do circuito (A)

$P_n$  = potência nominal do circuito (W)

$\cos\varphi$  = fator de potência (iluminação=1, TUG=0,8)

$\eta$  = rendimento (geralmente,  $\eta= 1$ )

Circuitos Trifásicos (3F+N e 3F):

$$I_p = \frac{P_n}{3 * V * \cos\varphi * \eta} \quad (6)$$

E por último pelo método de limite de queda de tensão, onde através da soma das potências x a distância dos pontos, encontra-se os circuitos. Esse resultado é dado através da seguinte equação e da tabela das potências em Watts e das distâncias em metros;

$$\sum ( P \text{ (Watts)} * l \text{ (metros)} ) \quad (7)$$

**Tabela 15** - Comparação para cálculo de queda de tensão.

<b>Comparação para Cálculo de tensão</b>	
	2%
1,5	42.108
2,5	70.180
4	112.288
6	168.432
10	180.720
16	449.152

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

Após ter feito os cálculos em cada um desses métodos podemos determinar os circuitos da edificação em questão, como demonstrado no tabela16.

Tabela 16 - Comparação dos cálculos dos circuitos.

TÉRREO						
Número	Tipo	Métodos	Seção	Seção Definitiva		
				Fase	Neutro	Proteção
Circuito 1	TUE	Seção Mínima	1,5			
		Ampacidade Queda de tensão	1 1,5	1,5	1,5	1,5
Circuito 2	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	1 1,5	2,5	2,5	2,5
Circuito 3	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	1 1,5	2,5	2,5	2,5
Circuito 4	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	4 2,5	4	4	4
Circuito 5	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	4 1,5	4	4	4
Circuito 6	TUG	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	6 1,5	6	6	6
Circuito 7	Iluminação	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	0,5 1,5	2,5	2,5	2,5
Circuito 8	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	0,75 1,5	2,5	2,5	2,5
Circuito 9	TUE	Seção Mínima	2,5			
		Ampacidade Queda de tensão	1 1,5	2,5	2,5	2,5

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

A tabela 17 apresenta o dimensionamento dos eletrodutos de cada circuito.

**Tabela 17** - Dimensionamento dos eletrodutos.

<b>TÉRREO</b>				
<b>Número</b>	<b>Seção Definitiva</b>			<b>Eletrodutos</b>
	<b>Fase</b>	<b>Neutro</b>	<b>Proteção</b>	
Circuito 1	1,5	1,5	1,5	16
Circuito 2	2,5	2,5	2,5	16
Circuito 3	2,5	2,5	2,5	16
Circuito 4	4	4	4	16
Circuito 5	4	4	4	16
Circuito 6	6	6	6	20
Circuito 7	2,5	2,5	2,5	16
Circuito 8	2,5	2,5	2,5	16
Circuito 9	2,5	2,5	2,5	16

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

#### 4.2 CÁLCULO COMPUTACIONAL

Os resultados obtidos com o programa computacional são mostrados na tabela 18, a figura 29 apresenta o projeto resultante do programa, podendo ser encontrado completo no anexo C.

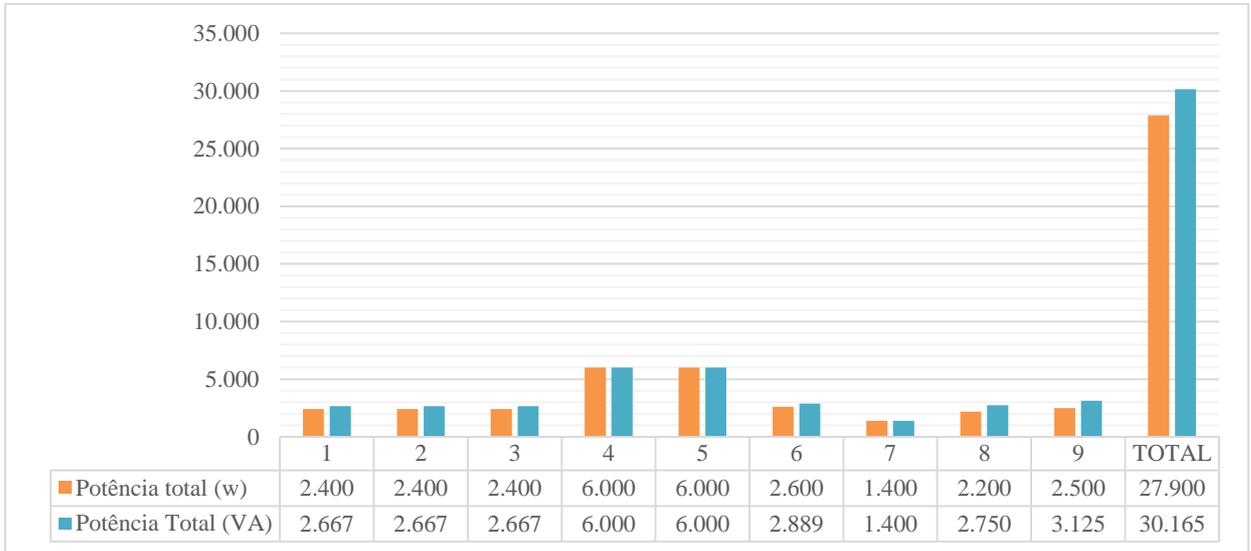
**Tabela 18** - Resultados do programa computacional.

<b>Circuito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Potência total (w)</b>	<b>Potência Total (VA)</b>
1	TUE	AR	2.400	2.667
2	TUE	AR	2.400	2.667
3	TUE	AR	2.400	2.667
4	TUE	CH	6.000	6.000
5	TUE	CH	6.000	6.000
6	TUG's	-	2.600	2.889
7	Iluminação	-	1.400	1.400
8	TUE	FG	2.200	2.750
9	TUE	FE	2.500	3.125

<b>TOTAL</b>	<b>27.900</b>	<b>30.165</b>
--------------	---------------	---------------

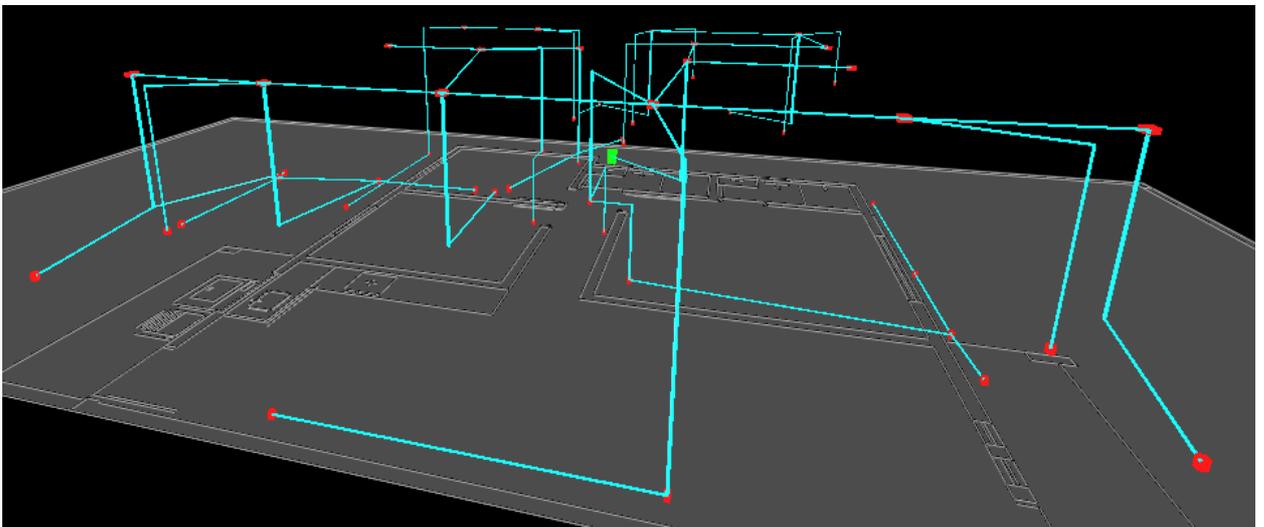
Fonte: DADOS DA PESQUISA.

**Figura 28** - Resultados do programa computacional.



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

**Figura 29** - Projeto Final em 3D.



Fonte: DADOS DA PESQUISA.

O programa fornece ainda o quadro de demanda, conforme tabela 19.

**Tabela 19** - Quadro de Demanda.

<b>DEMANDA</b>			
<b>Tipo de carga</b>	<b>Potência instalada (VA)</b>	<b>Fator de Demanda</b>	<b>Demanda</b>
Iluminação e TUG's	7040	0,35	2.464
TUE's	3120	1	3.120
Condicionador de ar	8000	1	8.000
Chuveiros, ferros elétricos	12000	0,92	11.040
<b>TOTAL</b>			<b>24.624</b>

Fonte: DADOS DA PESQUISA.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço do mercado surgiu a necessidade de otimização do tempo de realização de projetos e, por isso, a precisão de se produzirem projetos com maior potencial econômico, que pudessem ser concebidos em tempo cada vez mais curtos. A partir desta necessidade emergiam no mercado nacional empresas de software de projetos, que buscam desenvolver programas computacionais que a partir de entrada gráfica de elementos de projeto, gerassem automaticamente todos os cálculos e verificações exigidos pelas normas pertinentes.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma comparação entre programa de cálculo determinado pela norma, feito de forma manual e o mesmo projeto dimensionado a partir do programa computacional.

De modo em geral, pode-se perceber que o projeto manual e o computacional se apresentaram bastante semelhantes, no que diz respeito a potência de instalação, indicando que se seguidos cuidadosamente os parâmetros normatizados é possível se dimensionar um projeto econômico e viável.

Entretanto, o programa computacional apresenta uma considerável facilidade, principalmente no que diz respeito à representação gráfica do projeto, tendo em vista através do lançamento gráfico dos elementos de projeto, o programa retorna todos os cálculos e verificações, indicando ainda, quando necessário, erros de lançamento. Outra grande vantagem do software computacional é o fornecimento de lista de material ao final do dimensionamento, não sendo necessário levantamento de dados posterior a conclusão do projeto.

Ainda que softwares computacionais apresentem uma excelente solução para otimização do tempo de realização de projeto, não se exclui a necessidade de ter conhecimento dos parâmetros normatizados para projetos elétricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**CREDER, HÉLIO. Instalações Elétricas.** 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. - LTC, 1976. 273p. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/flavio\\_gomes/files/2011/03/Material\\_Curso\\_Instalacoes\\_I.pdf](http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2011/03/Material_Curso_Instalacoes_I.pdf)>. Acesso: 01/12/2017.

**DOMINGOS. Livro projetos de instalações elétricas prediais,** pg 14 12° edição revisada, 2015.

**FRANÇOSO C. D. N. A.. Projeto elétrico predial: desenvolvimento comparação com ferramentas computacionais.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco Itatiba 2011.

**HABITISSIMO, 2016. Eletricista Residencial Eletricista Predial e Comercial.** Aumento de carga (Monofásico/bifásico para Trifásico). **Projetos e montagem Automação Residencial,** Rio de Janeiro 2016. Disponível em: < [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/planta-baixa-para-projetos-eletricos\\_1211372](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/planta-baixa-para-projetos-eletricos_1211372)>. Acesso: 20/05/2020.

**LIMA FILHO, D. L.. Projetos de Instalações Elétricas Prediais,** Editora Érica, São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/flavio\\_gomes/files/2011/03/Material\\_Curso\\_Instalacoes\\_I.pdf](http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2011/03/Material_Curso_Instalacoes_I.pdf)>. Acesso: 01/12/2017.

**MUNDO DA ELÉTRICA,** 2018; Caixa de distribuição elétrica. **Montando passo a passo.** Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/caixa-de-distribuicao-eletrica-montando-passo-a-passo/>> Acesso: 14/05/2020.

**NORMAS TÉCNICAS; ENEL (CELG), 2017. Resoluções da ANEEL. Desenvolvimento Comparação Com Ferramentas Computacionais.** Disponível em: < <file:///C:/Users/cardo/Downloads/comunicado-tecnico-celg-d-dt-snt-03-15.pdf>>. Acesso: 12/04/2020.

**PIRELLI, 2003.** ELEKTRO / PERRELI; **Manuais de instalação elétricas.** Disponível em: <  
<http://www.etelg.com.br/downloads/eletronica/apostilas/IE%20Parte1.pdf>>. Acesso:  
20/05/2020.