



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**GABRIELA CASIMIRO DE LIMA**

**NBR 5410/2004: VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DA NORMA EM INSTALAÇÕES  
ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM UMA VILA DE FORTALEZA -CE**

**FORTALEZA**

**2022**

GABRIELA CASIMIRO DE LIMA

**NBR 5410/2004: VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DA NORMA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM UMA VILA DE FORTALEZA -CE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

**FORTALEZA**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L698n Lima, Gabriela Casimiro de.

NBR 5410/2004 : verificação da aplicação da norma em instalações elétricas de baixa tensão em uma vila de Fortaleza-CE / Gabriela Casimiro de Lima. – 2022.  
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

Coorientação: Prof. Rafael Jucá Sancho Nogueira.

1. Instalações elétricas. 2. NBR 5410/2004. 3. Segurança. I. Título.

CDD 621.3

---

GABRIELA CASIMIRO DE LIMA

**NBR 5410/2004: VERIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DA NORMA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO EM UMA VILA DE FORTALEZA -CE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 13/07/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)

---

Eng. Rafael Jucá Sancho Nogueira (Coorientador)

---

Prof. Dr. Cícero Marcos Tavares Cruz

---

Eng. Naum Oliveira Barros

## RESUMO

Instalações elétricas com mais 20 anos de existência podem trazer uma falta de segurança, além de promover desperdícios de energia, choques elétricos ou mesmo incêndios. Como a eletricidade pode trazer risco à saúde e segurança das pessoas, este trabalho foi desenvolvido para verificar a existência de não-conformidades, de acordo com a NBR 5410, em quatro instalações elétricas de baixa tensão com mais de 20 anos de existência, além de propor melhorias para mitigar os problemas identificados. Os dados obtidos mostram que as instalações elétricas verificadas não seguem os requisitos da NBR 5410, colocando em risco a segurança dos moradores dessas instalações. Para atenuar a situação, é preciso criar mecanismos legais para a fiscalização da aplicação da NBR 5410, por parte das concessionárias. Além disso, o apoio das seguradoras também é fundamental para estimular a manutenção das instalações elétricas ao exigir laudos de inspeção e, por fim, é preciso conscientizar a população sobre a segurança das instalações, a fim de transformar positivamente a realidade atual das instalações elétricas.

**Palavras-chave:** Instalações elétricas; NBR 5410/2004; Segurança.

## **ABSTRACT**

Electrical installations with 20 years of existence can bring more security, in addition to promoting power outages, electric shocks and even fires. As electricity can pose a risk to people's health and safety, this work was developed to verify the existence of non-conformities, according to NBR 5410, in four low voltage electrical installations with more than 20 years of existence, in addition to propose improvements to mitigate the identified problems. The data obtained show that the electrical installations verified do not follow the requirements of NBR 5410, putting the safety of the residents of these installations at risk. To alleviate the situation, it is necessary to create legal mechanisms for the inspection of the application of NBR 5410, by the concessionaires. In addition, the support of insurance companies is also essential to encourage the maintenance of electrical installations by requiring inspection reports and, finally, it is necessary to make the population aware of the safety of the installations, in order to positively transform the current reality of electrical installations.

**Palavras-chave:** Electrical installation; NBR 5410/2004; Safety.

Se você quiser descobrir os segredos do Universo, pense em termos de energia, frequência e vibração.  
(NIKOLA TESLA)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Ramon Sampaio, com quem vivi boa parte da minha vida acadêmica, durante as aulas e em atividades extracurriculares. Obrigada pela inspiração e pelos conhecimentos transmitidos na área.

Ao Ednardo Rodrigues pelas oportunidades. Através das suas orientações em laboratório, pude acompanhar projetos e depois me tornar bolsista. Essas experiências contribuíram bastante para minha formação.

De modo geral, a minha família, aos meus amigos e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para esse percurso. Especialmente, a todos os participantes da pesquisa, que contribuíram para a obtenção dos dados.

À minha mãe, Maria Casimiro, por todo o apoio.

Aos professores e orientadores.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Uso de benjamins, T's e extensões .....	17
Figura 2 - - Diferenças entre o ACL e o ACR .....	19
Figura 3 - Esquema simplificado de uma entrada de serviço .....	24
Figura 4 - Esquemas de condutores vivos CA e CC .....	25
Figura 5 - Caixa de derivação de embutir .....	26
Figura 6 - Vista em corte de um DR tetrapolar .....	31
Figura 7 - Tipos de condutores elétricos de baixa tensão .....	37
Figura 8 - Índice de Reprodução de Cor .....	46
Figura 9 - Resumo das principais características de cada tipo de lâmpada .....	46
Figura 10 - Vista aérea da vila, no bairro de Fátima.....	49
Figura 11 - Padrão de entrada monofásico .....	52
Figura 12 - Luxímetro digital adotado no projeto .....	65
Figura 13 - Média de gastos com Serviços Elétricos Comuns .....	71
Figura 14 - Média de gastos com Serviços Elétricos de Tomadas e Iluminação .....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo por região do Brasil, de janeiro/2018 a dezembro/2020 .....	14
Gráfico 2 – Idade dos imóveis .....	15
Gráfico 3 – Elaboração do projeto elétrico de acordo com o profissional .....	16
Gráfico 4 – Gráfico tempo x corrente de atuação do disjuntor termomagnético .....	34
Gráfico 5 – Gráficos tempo x corrente de cada tipo de disjuntor .....	35
Gráfico 6 – Diagrama polar de intensidade .....	44
Gráfico 7 – Gênero dos entrevistados .....	49
Gráfico 8 – Relação entre moradias e número de moradores .....	50
Gráfico 9 – Relação entre moradias e renda familiar .....	50
Gráfico 10 – Relação entre tempo de residência no local e as famílias .....	51
Gráfico 11 – Satisfação dos moradores quanto ao fornecimento de energia pela concessionária .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo de disponibilidade .....	21
Tabela 2 – Espaço reserva nos quadros de distribuição .....	27
Tabela 3 – Formas de combinar uma proteção básica com uma proteção supletiva .....	30
Tabela 4 – Tempos de seccionamento máximo dos disjuntores termomagnéticos .....	33
Tabela 5 – Temperaturas características dos condutores .....	38
Tabela 6 – Seção reduzida do condutor neutro .....	39
Tabela 7 – Seção mínima do condutor de proteção .....	40
Tabela 8 – Tipos de linhas elétricas .....	41
Tabela 9 – Cargas da Residência 1 .....	53
Tabela 10 – Cargas da Residência 2 .....	53
Tabela 11 – Cargas da Residência 3 .....	54
Tabela 12 – Cargas da Residência 4 .....	54
Tabela 13 - Circuitos da Residência 1 .....	55
Tabela 14 – Circuitos da Residência 2 .....	55
Tabela 15 – Circuitos da Residência 3 .....	56
Tabela 16 – Circuitos da Residência 4 .....	56
Tabela 17 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 1 .....	57
Tabela 18 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 2 .....	57
Tabela 19 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 3 .....	57
Tabela 20 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 4 .....	57

Tabela 21 – Dimensionamento dos alimentadores e do disjuntor geral .....	58
Tabela 22 – Alimentadores das moradias .....	58
Tabela 23 – Proteções gerais das moradias .....	58
Tabela 24 – Fatores de correção para temperatura em linhas não-subterrâneas .....	59
Tabela 25 – Fatores de correção aplicáveis a condutores em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única ..	60
Tabela 26 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 1 .....	60
Tabela 27 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 2 .....	61
Tabela 28 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 3 .....	61
Tabela 29 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 4 .....	61
Tabela 30 – Corrente corrigida dos alimentadores de cada residência .....	62
Tabela 31 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 1, de acordo com o cálculo da queda de tensão .....	63
Tabela 32 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 2, de acordo com o cálculo da queda de tensão .....	63
Tabela 33 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 3, de acordo com o cálculo da queda de tensão .....	63
Tabela 34 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 4, de acordo com o cálculo da queda de tensão .....	64
Tabela 35 – Seção dos condutores dos alimentadores de cada residência, de acordo com o cálculo da queda de tensão .....	64
Tabela 36 – Lux mínimo necessário para cada ambiente .....	66
Tabela 37 – Lux de cada ambiente da Residência 1 .....	66
Tabela 38 – Lux de cada ambiente da Residência 2 .....	66
Tabela 39 – Lux de cada ambiente da Residência 3 .....	67

Tabela 40 – Lux de cada ambiente da Residência 4 .....	67
Tabela 41 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 1 ..	68
Tabela 42 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 2 ..	68
Tabela 43 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 3 ..	68
Tabela 44 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 4 ..	68
Tabela 45 – Recomendações gerais para a melhoria das instalações elétricas pesquisadas .....	70

## SUMÁRIO

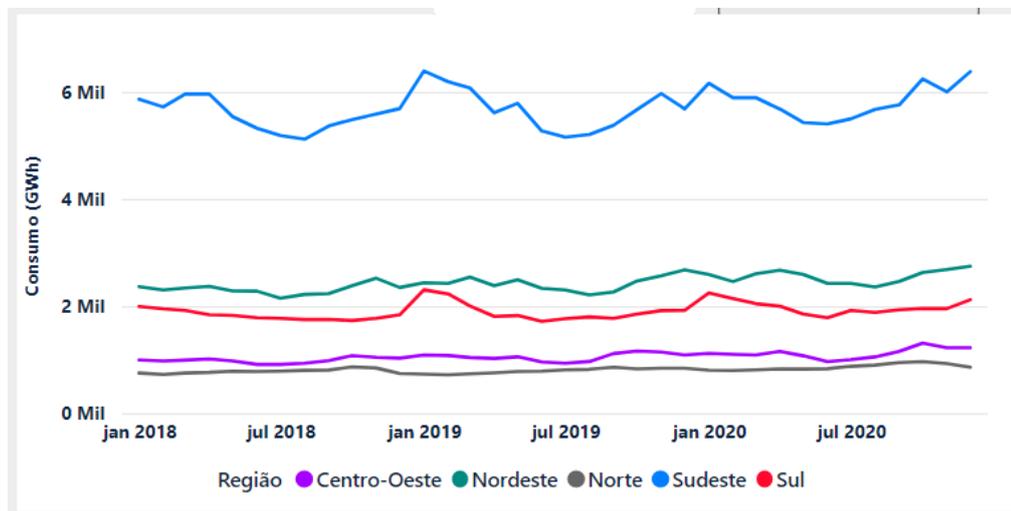
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>CONCEITOS FUNDAMENTAIS: CONSUMO DE ENERGIA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Ambientes de contratação .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipos de consumidor .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Classificação das unidades consumidoras .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>EXIGÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES DA NBR 5410:2004 .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Campos de aplicação da NBR 5410:2004 .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Alimentação de instalações elétricas de baixa tensão .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Componentes de uma instalação elétrica .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Isolação de condutores, isolamento e choques .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Faltas, sobretensões e sobrecorrentes .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Circuitos elétricos, divisão da instalação elétrica e quantidade de pontos ..</b>	<b>28</b>
<b>3.7</b>	<b>Proteção contra choques elétricos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.7.1</b>	<b><i>Dispositivo diferencial residual (DR) .....</i></b>	<b>30</b>
<b>3.8</b>	<b>Disjuntores termomagnéticos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.9</b>	<b>Dispositivos de proteção contra surtos (DPS) .....</b>	<b>36</b>
<b>3.10</b>	<b>Condutores de baixa tensão .....</b>	<b>36</b>
<b>3.10.1</b>	<b><i>Crêterios para dimensionamento de condutores em circuitos de baixa tensão</i></b> <b>.....</b>	<b>39</b>
<b>3.11</b>	<b>Linhas elétricas .....</b>	<b>41</b>
<b>3.11.1</b>	<b><i>Eletrodutos .....</i></b>	<b>42</b>
<b>3.12</b>	<b>Potência de pontos de tomada e iluminação .....</b>	<b>42</b>
<b>3.12.1</b>	<b><i>Conceitos de iluminação .....</i></b>	<b>44</b>
<b>3.12.1.1</b>	<b><i>Intensidade luminosa .....</i></b>	<b>44</b>
<b>3.12.1.2</b>	<b><i>Fluxo luminoso .....</i></b>	<b>45</b>
<b>3.12.1.3</b>	<b><i>Eficiência luminosa .....</i></b>	<b>45</b>
<b>3.12.1.4</b>	<b><i>Iluminância .....</i></b>	<b>45</b>
<b>3.12.1.5</b>	<b><i>Índice de Reprodução de Cor (IRC) .....</i></b>	<b>45</b>
<b>3.12.1.6</b>	<b><i>Tipos de lâmpadas e luminárias .....</i></b>	<b>46</b>

3.12.1.7	<i>Cálculo luminotécnico</i> .....	47
3.13	<b>Projeto da instalação elétrica</b> .....	47
4	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	48
4.1	<b>Local e aplicação do estudo</b> .....	48
4.2	<b>Perfil social e econômico dos moradores</b> .....	49
4.3	<b>Padrão de fornecimento de energia elétrica das residências</b> .....	51
4.4	<b>Cargas das moradias</b> .....	53
4.5	<b>Divisão da instalação elétrica em circuitos terminais e proteções adicionais</b> .....	54
4.6	<b>Coordenação entre condutores e disjuntores</b> .....	55
4.7	<b>Dimensionamento dos alimentadores das moradias e dos respectivos disjuntores gerais</b> .....	57
4.8	<b>Identificação dos componentes</b> .....	59
4.9	<b>Documentação das instalações elétricas de cada moradia</b> .....	59
4.10	<b>Fatores de correção aplicados no dimensionamento dos condutores</b> .....	59
4.11	<b>Fatores de correção aplicados no dimensionamento dos alimentadores</b> .....	61
4.12	<b>Seção mínima dos condutores</b> .....	62
4.13	<b>Queda de tensão</b> .....	62
4.14	<b>Eletrodutos</b> .....	64
4.15	<b>Espaço reserva nos quadros de distribuição</b> .....	65
4.16	<b>Previsão de carga de iluminação</b> .....	65
4.17	<b>Previsão de número de pontos de tomada</b> .....	67
5	<b>RECOMENDAÇÕES GERAIS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PESQUISADAS</b> .....	70
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	73
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor residencial na região Nordeste tem um consumo de energia elétrica bastante expressivo, de aproximadamente 3 mil GWh mensais (EPE, 2020), conforme apresentado no Gráfico 1. O que torna esse consumo crítico e preocupante é a falta de segurança nas instalações elétricas das residências, visto que, segundo o PROCOBRE (2015), a maioria das residências com mais de 20 anos ainda não passou por qualquer manutenção e/ou reforma nas instalações elétricas, o que pode promover um desperdício de energia, além de ser um dos principais motivos de causas de incêndio no país.

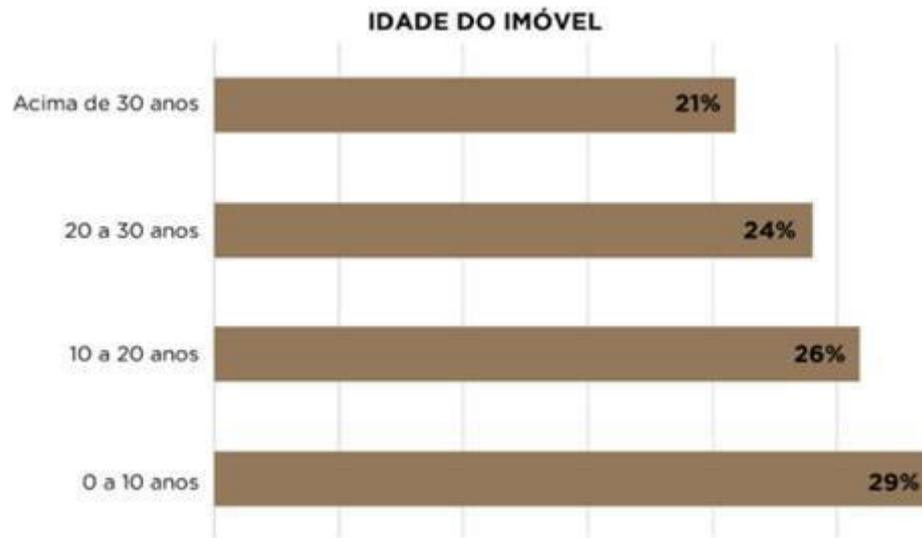
Gráfico 1 – Consumo por região do Brasil, de janeiro/2018 a dezembro/2020



Fonte: (EPE, 2020).

Conforme apresenta a Gráfico 2 a seguir, apresenta que a idade média dos imóveis é de 20 anos. O que é um fator importante de ser considerado e analisado, visto que são moradias construídas no início dos anos 2000, época em que a quantidade de aparelhos eletroeletrônicos e de eletrodomésticos era muito menor que a atual.

Gráfico 2 – Idade dos imóveis.



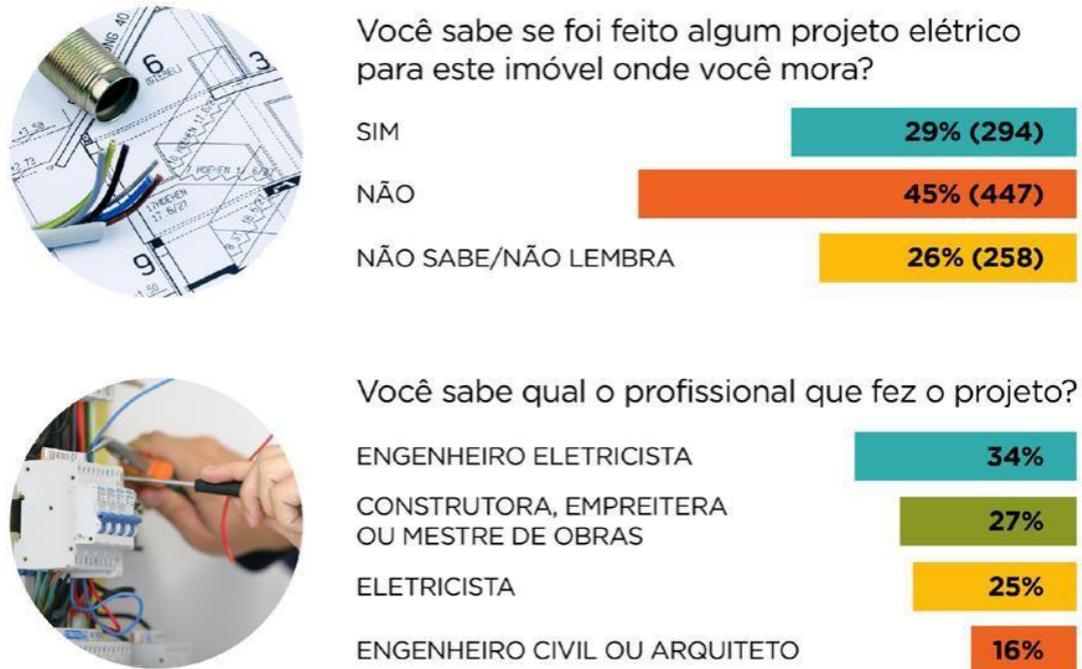
Fonte: (ABRACOPEL; PROCOBRE, 2017).

O desgaste natural das instalações elétricas antigas promove uma fuga de corrente, o que pode provocar danos em equipamentos, aumentar o consumo de energia elétrica e o risco de choque elétrico. O uso excessivo de cargas também ocasiona aumento no consumo de energia, visto que grande parte dessas cargas são acionadas desnecessariamente. Além disso, grande parte desses equipamentos, principalmente, os mais antigos, não têm o selo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (ABRACOPEL; PROCOBRE, 2017).

Para que o desgaste natural das instalações elétricas e o consequente aumento no consumo de energia sejam retardados ao máximo, uma das premissas básicas é a elaboração de um projeto elétrico da construção, pois ele garante as exigências mínimas essenciais para a segurança da instalação da residência conforme especificado pela ABNT NBR 5410/2004, a Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

De acordo com uma pesquisa realizada pela PROCOBRE (2015), apenas 29% dos imóveis têm projeto elétrico, sendo que pouco mais de um terço desses projetos foram realizados por engenheiros eletricitistas, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Elaboração do projeto elétrico de acordo com o profissional



Fonte: (ABRACOPEL; PROCOBRE, 2017).

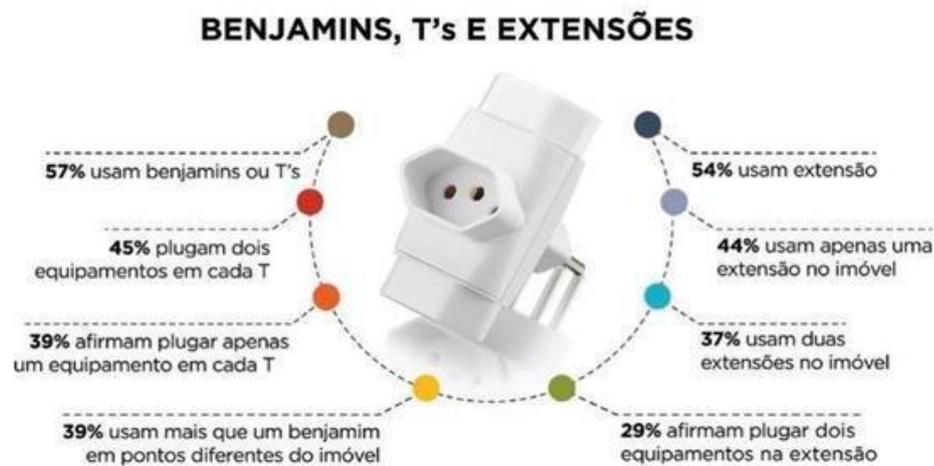
Além da ausência de projeto elétrico em boa parte dos imóveis, a falta de componentes de proteção nas instalações elétricas também é bastante evidente. Um desses componentes, por exemplo é o Interruptor Diferencial Residual (IDR, ou apenas DR), obrigatório pela NBR 5410/2004 desde 1997, que é o responsável por evitar o choque elétrico (MENDONÇA, 2019). Outro componente de proteção bastante ausente em boa parte das instalações elétricas é o Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), importante para a proteção de equipamentos eletrônicos contra sobretensões, como as descargas atmosféricas, por exemplo. O DPS, da mesma forma que o DR, é obrigatório pela NBR 5410/2004.

O desgaste natural das instalações elétricas também pode ocorrer devido ao uso de extensões, benjamins ou T's, para ligar mais de um aparelho ao mesmo tempo, em um ponto de tomada (CREDER, 2007). No que tange aos casos de incêndio devido a problemas elétricos, muitos deles são ocasionados devido ao uso excessivo de extensões, principalmente, se os aparelhos ligados forem de alta potência. Dessa forma, a probabilidade de ocorrer uma sobrecarga na instalação elétrica com conseqüente evolução para curto-circuito e incêndio é considerável (MORENO, 2014).

Como o acesso à compra das extensões é muito fácil, a maioria das residências as utilizam devido à falta de tomadas para ligar os aparelhos, conforme exposto na Figura 1.

Quanto mais antiga for a residência, maior será o uso de extensões, visto que as novas construções já apresentam número maior de tomadas por cômodos, pois, o elevado uso de eletroeletrônicos exige mais pontos de tomada nas residências.

Figura 1 – Uso de benjamins, T's e extensões



Fonte: (PROCOBRE, 2017).

Por mais que a eletricidade seja considerada um serviço público essencial por suprir as necessidades mais básicas do ser humano, ela pode comprometer tanto a saúde como a segurança das pessoas expostas a ela direta ou indiretamente. Como a eletricidade não é perceptível à visão do indivíduo, as pessoas podem estar expostas a diversas situações de riscos, muitas vezes ignoradas.

Com isso, esse trabalho foi desenvolvido com o intuito de fazer um estudo detalhado, considerando residências com mais de 20 anos de existência de uma Vila no bairro de Fátima, município de Fortaleza, estado do Ceará. Nesses imóveis, foi verificada a existência de não-conformidades quanto à NBR 5410/2004 e, além disso, foram propostas melhorias para mitigar os problemas identificados.

## 1.1 Objetivos

- Realizar um estudo do hábito de uso das cargas e das condições das instalações elétricas das moradias verificadas na vila do bairro de Fátima;
- Sugerir soluções que contribuam para a redução dos problemas associados ao uso ineficiente ou excessivo de energia e à baixa segurança nas instalações elétricas,

garantindo, conseqüentemente, maior economia pelo consciente consumo de energia elétrica e o funcionamento mais seguro e adequado da instalação como um todo;

- Por fim, este trabalho também busca servir de base para que novos trabalhos sejam realizados em outras vilas ou bairros, ou mesmo outros tipos de edificações, que necessitem de uma maior segurança e funcionamento nas instalações elétricas.

## **1.2 Justificativa**

A escolha do tema foi motivada pela possibilidade de informar à população, enquanto consumidor final, sobre os perigos e conseqüências da má qualidade da instalação elétrica e dos riscos que podem surgir. A conscientização da população é a melhor maneira de mudar o atual cenário das instalações elétricas do Brasil, explicando a importância da readequação das instalações elétricas, de acordo com a NBR 5410/2004, em prol de garantir a segurança das pessoas.

## 2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS: CONSUMO DE ENERGIA

### 2.1 Ambientes de contratação

O mercado brasileiro de energia elétrica é composto por dois ambientes de contratação: o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulada (ACR).

- ACL: formado por consumidores livres, agentes geradores e comercializadores. Nesse ambiente, os montantes de energia, preços e prazos de concessão podem ser livremente acordados entre os agentes envolvidos, enquanto os contratos e transições são registrados na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (TOLMASQUIM, 2015);
- ACR: formado pelos agentes geradores, consumidores cativos e distribuidoras. A contratação de energia é regulada, impedindo a instauração de preços elevados pelas concessionárias, reduzindo o valor da conta em até 40%, visto que há liberdade e flexibilidade de negociação dos contratos (TOLMASQUIM, 2015).

As principais diferenças entre o ACL e o ACR foram representadas na Figura 2.

Figura 2 – Diferenças entre o ACL e o ACR



Fonte: (SOMA, 2021).

## 2.2 Tipos de consumidor

O consumidor é qualquer pessoa, de direito público ou privado, física ou jurídica, com um representante legal e que requisita à concessionária o uso do sistema elétrico ou a contratação de energia, assumindo as devidas obrigações deste atendimento segundo o que está disposto em normas e contratos. Dessa forma, os consumidores são classificados nas seguintes categorias (ABRACEEL, 2020):

- Consumidor livre: consumidor que adquire energia elétrica no ACL ao satisfazer os requisitos dispostos nos artigos 15 e 16 da Lei nº 9074/1995;
- Consumidor cativo: consumidor que compra energia da distribuidora proprietária da concessão onde se localizam as unidades consumidoras, não participa do mercado livre e é atendido sob condições reguladas e;
- Consumidor especial: agente da CCEE, da categoria de comercialização, consumidor que adquire energia elétrica oriunda de empreendimentos inclusos no artigo 26 da Lei nº 9427/1996, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW, seja por interesses de fato ou de direito, seja para uma unidade consumidora ou unidades consumidoras reunidas (ABRACEEL, 2020).

## 2.3 Classificação das unidades consumidoras

As tarifas são separadas em dois grupos consumidores, segundo sua tensão de fornecimento e finalidade. Segundo Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL, o grupo A é composto por unidades consumidoras com tensão de fornecimento maior ou igual a 2,3 kV ou atendidas via sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, e é subdividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo A1: Tensão de fornecimento mínima de 230 kV;
- Subgrupo A2: Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3: Tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a: Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- Subgrupo A4: Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- Subgrupo AS: Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de um sistema subterrâneo de distribuição.

O sistema de tarifação aplicado aos consumidores do grupo A tem uma particularidade quanto à aplicação da tarifa binômica que, além de cobrar a energia consumida de fato, cobra a disponibilidade da energia a ser contratada pelo consumidor, ou seja, a demanda contratada, servindo esta como base para o cálculo da fatura mensal (ANEEL, 2022).

O grupo B, por outro lado, é composto por unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV e dividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo B1: Residencial;
- Subgrupo B2: Rural;
- Subgrupo B3: Demais classes;
- Subgrupo B4: Iluminação pública.

Os consumidores do grupo B têm fornecimento em baixa tensão e têm tarifas aplicáveis apenas sobre o consumo, em kWh (ANEEL, 2022). Além disso, é cobrado um valor mensal relacionado ao custo de disponibilidade do sistema elétrico, variado de acordo com o tipo de conexão, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Custo de disponibilidade

<b>Tipo de conexão</b>	<b>Monofásico ou bifásico a dois condutores</b>	<b>Bifásico a três condutores</b>	<b>Trifásico</b>
Valor Mínimo	30 kWh	50 kWh	100 kWh

**Fonte:** (ANEEL, 2010).

### 3 EXIGÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES DA NBR 5410:2004

Seguir as diretrizes estabelecidas em uma norma tão extensa como a NBR 5410:2004, independente da etapa (projeto, execução, verificação, manutenção ou operação), é assegurar uma instalação elétrica de longo tempo de vida útil para os usuários, bem como a proteção de seus bens. Afinal, os acidentes provocados por irregularidades em instalações elétricas fora de conformidade com as normas técnicas, representam uma parcela considerável das estatísticas registradas pelo Corpo de Bombeiros, por exemplo.

Embora a qualidade das instalações e a obediência às exigências mínimas da norma tenha se tornado uma tendência maior, a NBR 5410 está longe de ser completamente atendida, por fatores como a complexidade da linguagem do texto normativo.

Para facilitar a compreensão da norma, algumas das exigências e recomendações mais importantes da NBR 5410 foram discutidas nos tópicos abaixo e no estudo de caso em si.

#### 3.1 Campos de aplicação da NBR 5410:2004

A NBR 5410 determina as condições para que as instalações elétricas de baixa tensão (de até 1000 V em corrente alternada e 1500 V em corrente contínua) garantam seu funcionamento adequado, a segurança das pessoas e animais, e a conservação dos bens. A norma se aplica a instalações elétricas novas, reformas (criação de novos circuitos, alimentação para novos equipamentos, dentre outros) em instalações existentes e troca de componentes que ocasionem na alteração de algum circuito.

A norma se aplica a praticamente todos os tipos de instalações elétricas de baixa tensão, como:

- Edificações, tanto comerciais como residenciais;
- Estabelecimentos institucionais e de uso público;
- Estabelecimentos industriais, agropecuários, hortigranjeiros;
- Edificações pré-fabricadas;
- Reboques de acampamento (*trailers*), locais de acampamento (*campings*), marinas e instalações análogas e;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

Além de se aplicar às linhas elétricas, a 5410:2004 também se aplica às linhas de sinal, exceto aquelas presentes nos circuitos internos de equipamentos, no que se refere aos aspectos referentes à segurança (contra choques elétricos e efeitos térmicos) e à compatibilidade

eletromagnética.

No entanto, a norma não se aplica a:

- Redes públicas de distribuição de energia elétrica e de iluminação pública;
- Instalações de tração elétrica, veículos automotores, aeronaves e embarcações;
- Instalações em cercas eletrificadas;
- Instalações em minas;
- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, desde que não comprometam a segurança das instalações; e
- Instalações de proteção contra descargas atmosféricas.

A aplicação da NBR 5410 não dispensa o uso de normas complementares, como a NBR 13570 (Instalações elétricas em locais de afluência de público) e a NBR 13534 (Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – Requisitos para segurança). Quando necessário, ambas as normas complementam as prescrições contidas na NBR 5410.

### **3.2 Alimentação de instalações elétricas de baixa tensão**

A alimentação de uma instalação elétrica de baixa tensão pode ser:

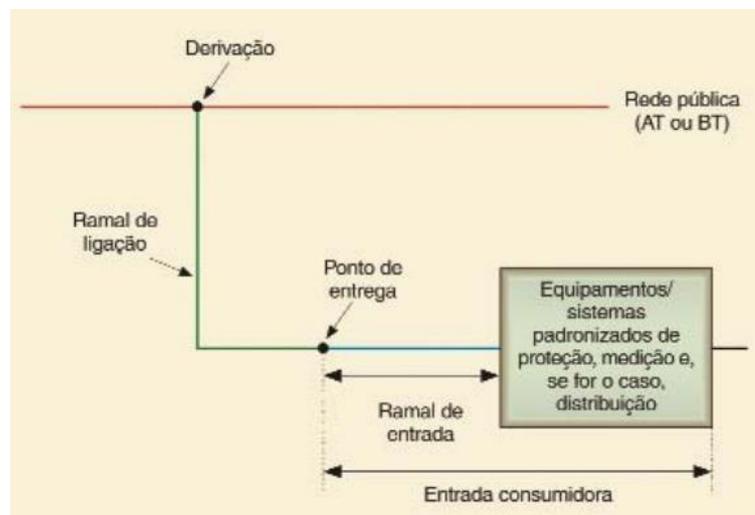
- Diretamente em baixa tensão, seja por rede pública da concessionária (caso comum de residências e comércios) ou por transformador exclusivo, da concessionária (caso comum de residências e comércios, mas de maior porte);
- Em alta tensão, por meio de subestação de transformação da própria unidade consumidora, sendo este um sistema presente em unidades de médio ou grande porte; e
- Por fonte própria em baixa tensão, sendo esta alimentação encontrada em sistemas de alimentação elétrica de serviços de segurança, ou em locais não alimentados pela concessionária (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

Os principais elementos básicos que compõem a alimentação de uma instalação elétrica por parte da concessionária são:

- Ramal de ligação, que corresponde ao conjunto de acessórios e condutores instalados entre o ponto de derivação da concessionária e o ponto de entrega;

- Ponto de entrega, sendo este o ponto até onde a concessionária tem a obrigação de fornecer energia elétrica, participar dos investimentos necessários, e se responsabilizar pela execução, operação e manutenção;
  - Ramal de entrada, que corresponde ao conjunto de acessórios e condutores instalados entre o ponto de entrega e a proteção e medição da unidade consumidora (ENEL, 2019).
- Os elementos básicos descritos acima foram representados na Figura 3.

Figura 3 – Esquema simplificado de uma entrada de serviço.



Fonte: (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

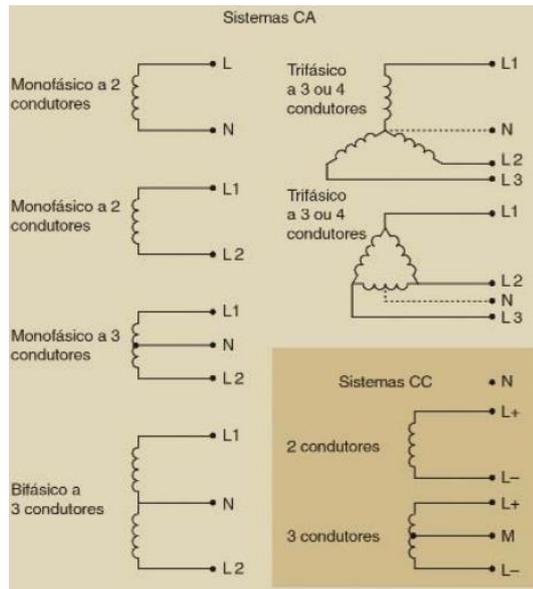
Além disso, a NBR 5410 considera diversos esquemas de condutores vivos para a alimentação de uma instalação elétrica, tanto em corrente alternada (CA) como em corrente contínua (CC):

- Para CA, tem-se o esquema monofásico a dois (fase-neutro) ou três condutores (fase-fase), bifásico a três condutores (2 fases-neutro), e trifásico a três (3 fases) ou quatro (3 fases-neutro) condutores;
- Para CC, tem-se o esquema de dois ou três condutores.

No caso de unidades consumidoras alimentadas diretamente em baixa tensão, o esquema de condutores vivos é definido de acordo com a função do sistema de distribuição (rede pública com ligação delta ou estrela no secundário do transformador), da potência instalada e da potência máxima, individual, de motores e outros equipamentos (ENEL, 2019).

Os esquemas estão representados na Figura 4, com o secundário do transformador sendo em CA e a saída do gerador em CC.

Figura 4 – Esquemas de condutores vivos CA e CC.



Fonte: (MATSUMI, 2012).

### 3.3 Componentes de uma instalação elétrica

Os componentes de uma instalação elétrica são os equipamentos elétricos, linhas elétricas e quaisquer elementos necessários para o funcionamento de uma instalação. Já os equipamentos elétricos são unidades que têm uma ou mais funções associadas à geração, transmissão ou distribuição como máquinas, dispositivos, transformadores e equipamentos de medição, por exemplo (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

A linha elétrica corresponde ao conjunto de um ou mais condutores que transmite sinais elétricos ou transporta energia. Além disso, a linha elétrica pode ser formada pelos condutos, que são os elementos que contêm os condutores e os transportam, como os eletrodutos (SUMARIVA; SILVA, 2018).

O dispositivo elétrico é um componente ligado a um circuito elétrico, e tem a capacidade de atuar em uma ou mais das seguintes funções (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

- Manobra, que é a mudança na configuração de um circuito elétrico, manual ou automática;
- Comando, que modifica o estado ou a condição de um dado equipamento, também de forma manual ou automática;
- Seccionamento, ou seja, a ação de desligar um equipamento ou um circuito elétrico;

- Proteção, que corresponde à atuação automática de um dispositivo sensível a certas condições fora do padrão em um dado circuito, a fim de evitar danos a pessoas, animais e ao circuito em si.

A caixa de derivação (ou de passagem) é usada para passagem e/ou ligação de condutores, a dispositivos nela instalados (como tomadas de corrente e interruptores) ou entre si (CONSTRUSINOS, 2020). A Figura 5 mostra um exemplo de caixa de derivação.

Figura 5 – Caixa de derivação de embutir



Fonte: (LEROY MERLIN, 2022).

Alguns equipamentos devem ser alimentados diretamente por condutores do respectivo circuito, como os equipamentos industriais ou análogos. Eles podem também ser ligados a tomadas exclusivas de corrente, ou seja, tomadas de uso específico, sendo este caso aplicado a eletrodomésticos de alta potência, condicionadores de ar, dentre outros.

Os equipamentos mais comuns, como geladeiras e televisões, são geralmente conectados a tomadas não-exclusivas, ou seja, tomadas de uso geral, a não ser que o projetista exija tomadas de uso específico a tais equipamentos como critério de projeto. Esses equipamentos são cargas de circuitos terminais, presentes em quadros de distribuição (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

Os quadros de distribuição têm a função de receber a alimentação e fornecê-la a um ou mais circuitos terminais, e têm as funções de proteção, comando, medição e/ou seccionamento. Portanto, trata-se de quadros de luz, quadros de força, centros de medição e centros de comando de motores (CCM), dentre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). No item 6.5.4.7 da NBR 5410 é estabelecido que todo quadro de distribuição deve ser especificado com espaço de reserva para ampliações futuras, com base no número de circuitos em que o quadro for efetivamente equipado. Além disso, essa capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição. O número de

espaços reserva está determinado na Tabela 59 da NBR 5410 e registrado na Tabela 2 deste trabalho.

Tabela 2 – Espaço reserva nos quadros de distribuição.

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N

Fonte: (ABNT, 2004).

### 3.4 Isolação de condutores, isolamento e choques

A isolação de condutores corresponde ao material ou conjunto de materiais isolantes que isolam eletricamente, ou seja, impedem a circulação da corrente entre partes condutoras. Portanto, a isolação é um conceito “quantitativo”, pois se trata da isolação de um equipamento, de uma isolação de PVC, etc. O isolamento, por outro lado, corresponde ao conjunto das propriedades de um corpo condutor, subsequente de sua isolação. Dessa forma, isolamento é um conceito “qualitativo” e tem ideia de valor, como a resistência de isolamento, isolamento 0,6/1 kV, etc.

O choque elétrico se trata de um efeito patofisiológico oriundo da passagem de corrente elétrica pelo corpo de uma pessoa ou de um animal. Os choques podem se originar por meio de contatos diretos (contato com partes vivas sob tensão) e indiretos (contato com uma massa sob tensão devido à falha de isolamento) (ABEE-SP, 2020).

### 3.5 Falhas, sobretensões e sobrecorrentes

Uma falta elétrica corresponde ao arco acidental ou contato entre partes vivas com potenciais diferentes, entre parte viva e massa ou entre parte viva e a terra, em um equipamento elétrico ou em um circuito. A falta ocorre devido à falha de isolamento entre as partes. Um exemplo de falta é o próprio curto-circuito, que é uma ligação, acidental ou não, entre pontos

de um circuito por meio de uma impedância praticamente desprezível. Uma falha, no entanto, não se trata de uma falta, e sim do término da capacidade de atuar em uma dada função, como uma isolação que perdeu sua função de isolamento, por exemplo (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

A ampacidade ou capacidade de condução de corrente de um condutor é a corrente máxima que o condutor pode conduzir de forma contínua e em condições especificadas, sem que a sua temperatura ultrapasse um dado valor em regime permanente (ABNT, 2004). A corrente de projeto, por outro lado, é a corrente prevista para um dado circuito em seu funcionamento normal (ABNT, 2004).

A sobretensão diz respeito a tensão cujo valor de crista é maior que a tensão máxima de dado sistema ou equipamento. A sobretensão pode ser oriunda de descargas atmosféricas, manobras provocadas por equipamentos elétricos, ou por ligamentos ou desligamentos nas redes de distribuição de energia elétrica (PRYSMIAN, 2006). Além disso, as sobretensões são a principal causa da queima de equipamentos domésticos.

A sobrecorrente é uma corrente acima do valor nominal. No caso de condutores, o valor nominal de corrente se trata da ampacidade. A sobrecorrente pode ocorrer devido a sobrecarga (sobrecorrente em um dado circuito, sem falta), ou devido a um curto-circuito (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

### **3.6 Circuitos elétricos, divisão da instalação elétrica e quantidade de pontos**

Os circuitos elétricos correspondem ao conjunto de componentes de uma instalação elétrica, alimentados a partir da mesma origem. Por meio dos mesmos dispositivos de proteção, são protegidos contra sobrecorrente. Um circuito, dessa forma, compreende todos os dispositivos (de proteção, manobra e comando) nele ligados e os condutores (ABNT, 2004).

Em uma instalação de baixa tensão comum tem-se: o circuito de distribuição, que alimenta quadros de distribuição e; o circuito terminal, sendo este ligado diretamente a equipamentos e/ou a tomadas de corrente. Um quadro terminal corresponde a um quadro de distribuição com circuitos terminais (IFSC, 2012).

A NBR 5410, no item 4.2.5.1, prescreve que uma instalação elétrica deve ser dividida em tantos circuitos (terminais ou de distribuição) conforme necessário, e que cada circuito venha a ser concebido de forma a ser seccionado, sem risco de realimentação inadvertida por meio de outro circuito (ABNT, 2004).

Além disso, no item 4.2.5.5, a NBR 5410 estabelece que os circuitos terminais devem

ser individualizados de acordo com a função dos equipamentos a serem alimentados. Dessa forma, a instalação deve ser dividida em diversas categorias de circuitos, de acordo com o tamanho e o tipo da instalação elétrica. Em instalações elétricas mais simples, podem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e pontos de tomada (ABNT, 2004). Essa prescrição foi realizada com o intuito de evitar que um problema em um ponto de tomada, que provoque a atuação da proteção do respectivo circuito, deixe um determinado ambiente sem iluminação.

No item 9.5.3.1 da mesma norma, a NBR 5410 determina que equipamentos com corrente nominal superior a 10 A devem ter circuitos independentes, ou seja, exclusivos e com um único ponto (ABNT, 2004).

### **3.7 Proteção contra choques elétricos**

Para garantir a proteção contra choques elétricos, partes vivas perigosas devem ser inacessíveis e as massas (partes condutivas acessíveis) não devem oferecer perigo em caso de falhas que as tornem vivas e passem a conduzir corrente elétrica.

Dessa forma, a proteção contra choques elétricos deve ser composta por (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

- Uma proteção básica, que impede o contato com partes vivas perigosas em condições normais, mas que é suscetível a falhas e;
- Uma proteção supletiva, destinada a suprir a proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis se tornam acidentalmente vivas, assegurando a proteção em caso de falha da proteção básica.

A normalização, tratando-se da proteção contra choques elétricos, apresenta quatro classes de equipamentos: classes 0, I, II e III. Dessa forma, existem diferentes formas de combinar uma proteção básica com uma proteção supletiva. Essas diferentes formas foram registradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Formas de combinar uma proteção básica com uma proteção supletiva.

Classes de equipamentos/ componentes	Proteção básica	Proteção supletiva	
Classe 0	Isolação básica	Ambiente (locais não-condutores)	
		Separação elétrica (um único equipamento alimentado)	
Classe I	Isolação básica	Eqüipotencialização de proteção	Seccionamento automático da alimentação
Classe II	Isolação básica	Isolação suplementar	
		Isolação reforçada ou disposições construtivas equivalentes	
Classe III	Limitação da tensão	Separação de proteção de outros circuitos e separação básica da terra	

**Fonte:** (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

Em uma residência comum, as classes de equipamento mais encontradas são as classes 0, I e II. A isolação básica, presente nessas três classes, corresponde à isolação empregada nas partes vivas, a fim de garantir a proteção básica contra choques elétricos. A isolação suplementar, por outro lado, é uma isolação adicional à isolação básica, que garante a proteção contra choques elétricos, caso a isolação básica falhe. A isolação reforçada, presente na classe II, apresenta tanto a isolação básica como a suplementar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A equipotencialização de proteção corresponde à conexão da massa de um equipamento a um condutor de proteção externo, a fim de evitar diferenças de potencial que podem originar um choque elétrico.

### 3.7.1 Dispositivo diferencial residual (DR)

O DR é o meio mais eficaz de proteção de pessoas e animais domésticos contra choques elétricos (COTRIM, 2009). Para a proteção contra choques elétricos por meio de contatos indiretos, o item 5.1.3.1.1 da NBR 5410:2004 estabelece que a alimentação deve ter um seccionamento automático, sempre que uma falta entre parte viva e a massa originar uma tensão de contato perigosa (ABNT, 2004). Os DR são divididos em interruptor diferencial residual (IDR), que desliga e liga manualmente o circuito, e em disjuntor diferencial residual (DDR), que protege os condutores dos circuitos contra sobrecargas e curto-circuito (NERY, 2012).

De acordo com o item 5.1.3.2.2 da mesma norma, o uso de DR com corrente diferencial

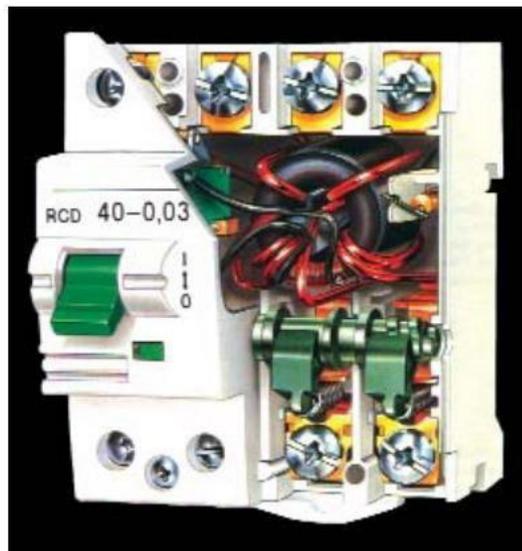
residual nominal igual ou inferior a 30 mA é obrigatório, nos seguintes casos:

- Circuitos que alimentem pontos situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Circuitos que alimentem tomadas situadas em áreas externas à edificação;
- Circuitos que alimentem tomadas situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior; e
- Circuitos que alimentem pontos situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas sujeitas a lavagens ou molhadas em uso normal.

Vale salientar que pontos que alimentam aparelhos de iluminação posicionados a uma altura maior ou igual a 2,5 metros não precisam de proteção DR. O mesmo vale para pontos de tomada que alimentam refrigeradores e congeladores que não ficam diretamente acessíveis (ABNT, 2004).

Dessa forma, para o seccionamento automático do DR, é suficiente que a corrente de falta atinja o limiar de sensibilidade do dispositivo, ou seja, de 30 mA. A vista em corte de um DR tetrapolar (três fases e neutro) foi registrada na Figura 6.

Figura 6 – Vista em corte de um DR tetrapolar



Fonte: (FERGÜTZ, 2017).

O DR é composto pelos seguintes elementos (FREGONEZI, 2021):

- Transformador de corrente (TC) de detecção, onde são enrolados os condutores do circuito e o enrolamento de detecção, sendo este responsável por medir a soma vetorial das correntes dos condutores do circuito e;

- Um elemento de leitura do sinal (normalmente é um relé diferencial ou um relé sensível) que comanda a atuação do DR.

O DR atua medindo a soma vetorial das correntes dos condutores de um circuito que, em boas condições, deve ser igual a zero. Caso haja falha de isolamento em um determinado equipamento e ocasione uma consequente falta à terra, a soma vetorial das correntes não será nula e, caso a corrente de fuga seja superior a 30 mA, o DR atuará. Da mesma forma, caso uma pessoa toque uma parte viva de um circuito protegido por DR, isso provocará um desequilíbrio na soma vetorial das correntes e que também ocasionará a atuação do DR, desde que a corrente de fuga seja, também, superior a 30 mA. Se, de fato, a corrente de fuga for acima de 30 mA, o relé do DR é ativado, promovendo a abertura dos contatos principais do próprio DR e o consequente desligamento do circuito (PADTEL ELETRÔNICA, 2013).

Como há diferentes tipos de corrente de falta, também existem diferentes tipos de DR. Com isso, a norma IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional) determina os tipos de DR:

- Tipo AC: sensível apenas às correntes residuais alternadas;
- Tipo A: sensível às correntes residuais alternadas e às correntes contínuas pulsantes e;
- Tipo B: sensível às correntes residuais alternadas, às correntes contínuas pulsantes e às correntes contínuas puras.

O DR do tipo AC é o mais tradicional, sendo normalmente utilizado em instalações elétricas residenciais, comerciais, prediais e industriais. O DR do tipo A, por outro lado, é aplicável em circuitos com recursos eletrônicos que alteram a forma de onda senoidal. Por fim, o DR do tipo B é utilizado em circuitos de corrente alternada normalmente trifásicos, com forma de onda parcialmente senoidal, meia-onda ou mesmo corrente contínua (SIEMENS, 2019). Esses três tipos de DR são os mais encontrados no mercado.

### **3.8 Disjuntores termomagnéticos**

Os disjuntores atuais são equipados com disparadores térmicos e disparadores magnéticos, que atuam na proteção contra sobrecargas e sobrecorrentes, respectivamente. Por conta disso, foram nomeados disjuntores termomagnéticos (COTRIM, 2009).

O disparador térmico do disjuntor é composto por uma lâmina bimetálica que se deforma mediante a ação do calor ocasionado pela passagem da corrente. A deformação da lâmina, devido às dilatações diferentes dos metais que a compõem, promovem a abertura do disjuntor. Com isso, quanto maior for a corrente, menor será o tempo em que o disparador

térmico atuará e, dessa forma, diz-se que o disparador térmico tem atuação a tempo inverso (COTRIM, 2009).

O disparador magnético, por outro lado, é composto por uma bobina, que atrai uma peça articulada quando a corrente atinge um dado valor. O deslocamento da peça articulada promove, por meio de acoplamentos mecânicos, a abertura instantânea do disjuntor (COTRIM, 2009).

Para determinar qual disjuntor deve ser utilizado em um determinado circuito, a seguinte sequência deve ser adotada (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001):

- Determinar a corrente de projeto do circuito;
- Determinar as seções dos condutores de fase, neutro e proteção, por meio do critério da ampacidade;
- Selecionar o disjuntor termomagnético;
- Verificar as quedas de tensão para, se necessário, alterar a seção dos condutores;
- Verificar o critério de curto-circuito para, se necessário, alterar a seção dos condutores.

O tempo de seccionamento máximo dos disjuntores, para um esquema TN-S, foram estabelecidos na Tabela 25 da NBR 5410:2004, e registrados na Tabela 4 deste trabalho, em que  $U_0$  corresponde à tensão monofásica em corrente alternada:

Tabela 4 – Tempos de seccionamento máximo dos disjuntores termomagnéticos.

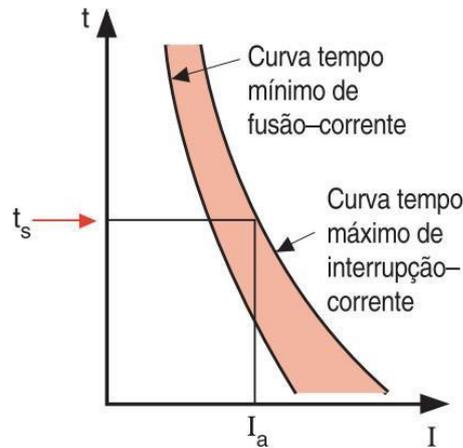
$U_0$ V	Tempo de seccionamento s	
	Situação 1	Situação 2
115, 120, 127	0,8	0,35
220	0,4	0,20
254	0,4	0,20
277	0,4	0,20
400	0,2	0,05

Fonte: (ABNT, 2004).

O seccionamento máximo dos disjuntores, para o tempo determinado na Tabela 3 acima, ocorre de acordo com a corrente  $I_a$  que garante a atuação do disjuntor. Para determinar  $I_a$  é preciso utilizar o gráfico corrente x tempo dos catálogos de marcas de disjuntores. Por exemplo, como a tensão monofásica em Fortaleza é de 220 V, tem-se um tempo máximo de seccionamento ( $t_s$ ) igual a 0,4 segundos na Situação 1. Dessa forma, a corrente  $I_a$  é obtida ao cruzar  $t_s$  com a curva de tempo máximo da proteção (pois só esta curva garante o tempo máximo

de atuação do disjuntor), de acordo com o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico tempo x corrente de atuação do disjuntor termomagnético.



Fonte: (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

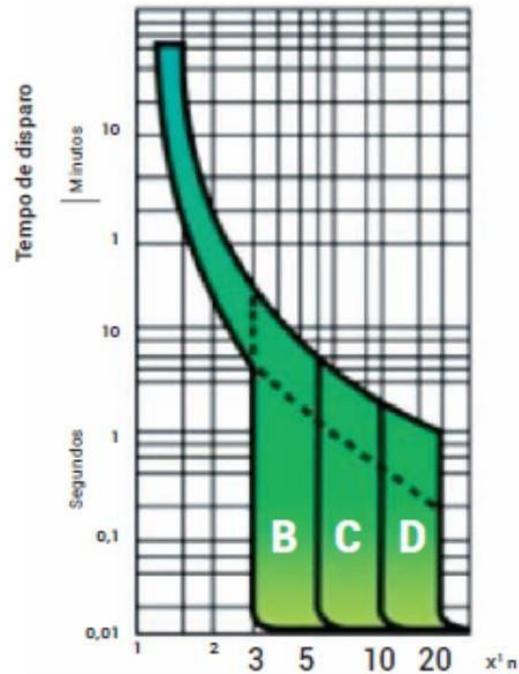
Os disjuntores, dependendo do tipo, têm curvas tempo x corrente diferentes, de acordo com a ABNT NBR 60898, de 2004:

- Tipo B: disparo magnético entre 3 e 5 vezes a corrente nominal do disjuntor;
- Tipo C: disparo magnético entre 5 e 10 vezes a corrente nominal do disjuntor;
- Tipo D: disparo magnético entre 10 e 20 vezes a corrente nominal do disjuntor.

Os disjuntores tipo B são normalmente utilizados para circuitos de tomada, iluminação, cargas resistivas (como o chuveiro elétrico, por exemplo) e cargas indutivas de baixa potência. Os disjuntores tipo C podem ser utilizados para circuitos de tomadas, iluminação, ou cargas indutivas de baixa potência ou médias, de uso doméstico, como os exaustores. Por fim, os disjuntores tipo D podem ser utilizados em circuitos com cargas indutivas de média potência, como condicionadores de ar (SCHNEIDER ELECTRIC, 2021).

As curvas tempo x corrente dos tipos de disjuntores foram registradas no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Gráficos tempo x corrente de cada tipo de disjuntor.



Fonte: (VOLTIMUM, 2016).

De acordo com o item 5.3.4.1 da NBR 5410, para garantir a proteção contra sobrecargas, as características de atuação do disjuntor devem ser tais que (ABNT, 2004):

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Em que:

- $I_B$ : Corrente de projeto de um dado circuito;
- $I_n$ : Corrente nominal do disjuntor;
- $I_Z$ : Capacidade de condução de corrente do condutor.

Por fim, de acordo com o item 6.1.5.4 da NBR 5410, os disjuntores devem ser dispostos e identificados, de forma a reconhecer facilmente os respectivos circuitos protegidos (ABNT, 2004).

### 3.9 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

No item 4.1.5 da NBR 5140 é estabelecido que as pessoas, animais e bens devem ser protegidos contra as consequências prejudiciais de ocorrências resultantes em sobretensões,

como faltas entre partes vivas de circuitos sob diferentes tensões, fenômenos atmosféricos e manobras (ABNT, 2004).

Além disso, no item 5.4.2 da mesma norma, é determinado que deve ser provida proteção contra sobretensões transitórias quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região com mais de 25 dias de trovoadas por ano, ou estar situada em região com riscos provenientes da exposição dos componentes da instalação (ABNT, 2004).

A proteção contra surtos, por meio de DPS, deve ser instalada:

- Junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada, nos casos em que o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosféricas transmitidas pela linha externa de alimentação ou;
- No ponto de entrada da linha na edificação, quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas na edificação ou em suas proximidades.

A instalação dos DPS ocorre por meio do aterramento, onde sua função está ligada à proteção da instalação elétrica contra sobretensões oriundas de descargas atmosféricas ou do ligamento e desligamento da rede de distribuição (NERY, 2012).

Os DPS podem ser utilizados em mais de um ponto da instalação, ou seja, em “cascata”, a fim de reduzir a sobretensão na instalação ao ponto de não danificar os equipamentos mais sensíveis.

### **3.10 Condutores de baixa tensão**

Os condutores, em uma instalação elétrica de baixa tensão, podem ser dos seguintes tipos:

- Isolado: composto por condutor e isolamento (COTRIM, 2009);
- Unipolar: composto por condutor, isolamento e uma cobertura como segunda camada de revestimento, para proteção mecânica (COTRIM, 2009); e
- Multipolar: possui, em uma mesma cobertura, dois ou mais condutores isolados (MAMEDE FILHO, 2002).

Os tipos de condutores elétricos descritos acima foram registrados na Figura 7.

Figura 7 – Tipos de condutores elétricos de baixa tensão



Fonte: (BRAS DISTRIBUIDORA, 2019).

Os condutores isolados têm classe de tensão 450/750 V, ao passo que os condutores uni e multipolares têm classe de tensão 0,6/1 kV. No entanto, há condutores multipolares na classe 450/750 V, como é o caso dos condutores PP (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001).

Os compostos mais utilizados na produção dos condutores elétricos são os isolantes PVC (cloreto de polivinila) e EPR (borracha etileno-propileno):

- O PVC apresenta altas perdas de isolamento a altas tensões, sendo normalmente empregado em tensões até 6 kV. Além disso, o PVC é resistente a agentes químicos, à água e à propagação de chama, embora gere uma significativa quantidade de fumaça e gases tóxicos quando submetido ao fogo.
- O EPR, por outro lado, só passa a sofrer perdas de isolamento quando empregado em tensões geralmente acima de 138 kV. Da mesma forma que o PVC, também é resistente a agentes químicos e à água.

Cada material apresenta três temperaturas características: a temperatura em regime permanente, sendo esta a maior temperatura que a isolamento pode alcançar em serviço contínuo e normal; a temperatura em regime de sobrecarga, que é a temperatura máxima que a isolamento pode alcançar durante uma sobrecarga inferior a 100 horas durante doze meses consecutivos, ou inferior a 500 horas durante a vida do cabo; e a temperatura em regime de curto-circuito, que é a temperatura máxima que a isolamento pode alcançar durante um curto-circuito, em um tempo inferior a cinco segundos durante a vida do cabo. As três temperaturas características estão na Tabela 35 da NBR 5410, e registradas na Tabela 5 deste trabalho.

Tabela 5 – Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
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	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: (ABNT, 2001).

Dessa forma, os condutores de EPR suportam maiores temperaturas que os de PVC, ou seja, apresentam uma ampacidade maior que os condutores de PVC, para uma mesma seção nominal de diâmetro. Além disso, os condutores de EPR suportam maiores temperaturas em regimes de sobrecarga e de curto-circuito. No entanto, algo tão importante quanto definir o tipo de condutor a ser utilizado é a identificação dos mesmos, tão negligenciada nas instalações elétricas atuais.

Uma das formas de identificar os condutores de uma instalação elétrica é através das cores, a fim de facilitar e acelerar a execução de conexões ou emendas, além de aumentar a segurança de quem executa esses serviços. Dessa forma, a NBR 5410 traz recomendações de como identificar os condutores neutros, terra e fase de uma instalação.

No caso do condutor neutro, o item 6.1.5.3.1 da NBR 5410 determina que a cor deve ser azul-claro para a isolação do condutor isolado, cobertura do condutor unipolar ou veia do condutor multipolar. Caso a identificação dos tipos de condutores não seja por cores, pode-se utilizar outros métodos, como o uso de anilhas ou adesivos (ABNT, 2004).

Quanto ao condutor proteção, o item 6.1.5.3.2 da norma estabelece que qualquer condutor isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar também deve ser identificado de acordo com a sua função. Caso a identificação seja por cor, deve ser utilizada a dupla coloração verde-amarela ou a cor verde na isolação do condutor isolado, na cobertura do cabo unipolar ou na veia do cabo multipolar (ABNT, 2004).

De acordo com o item 6.1.5.3.4 da norma, qualquer condutor isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase também deve ser identificado de acordo com a sua função. Caso a identificação seja por cor, utilizar qualquer cor, desde que não seja a mesma do condutor neutro ou do condutor de proteção. Por questões de segurança, não utilizar uma cor exclusivamente amarela, para não confundir com a cor verde-amarela exclusiva

do condutor de proteção (ABNT, 2004).

### 3.10.1 Critérios para dimensionamento de condutores em circuitos de baixa tensão

Um dos critérios para determinar a seção dos condutores de um determinado circuito é o da seção mínima, presente na Tabela 47 do item 6.2.6.1.1 da NBR 5410, que determina que a seção mínima de um condutor de cobre para circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral é de 1,5 mm<sup>2</sup> e de 2,5 mm<sup>2</sup>, respectivamente (ABNT, 2004).

Quanto ao condutor neutro, o item 6.2.6.2 da NBR 5410 informa que, para circuitos monofásicos, o condutor neutro deve ter a mesma seção que a do condutor de fase e, para circuitos trifásicos com neutro em que os condutores de fase têm seção superior a 25 mm<sup>2</sup>. A seção do condutor neutro pode ser inferior à dos condutores de fase, de acordo com a Tabela 48 da norma, registrada na Tabela 6.

Tabela 6 – Seção reduzida do condutor neutro.

Seção dos condutores de fase mm <sup>2</sup>	Seção reduzida do condutor neutro mm <sup>2</sup>
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

**Fonte:** (ABNT, 2004).

O condutor de proteção, por outro lado, pode ter sua seção mínima determinada de acordo com a Tabela 58 da NBR 5410, registrada na Tabela 7 deste trabalho.

Tabela 7 – Seção mínima do condutor de proteção.

Seção dos condutores de fase $S$ $\text{mm}^2$	Seção mínima do condutor de proteção correspondente $\text{mm}^2$
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: (ABNT, 2004).

O segundo critério é o da capacidade de condução de corrente (ou ampacidade), anteriormente explicado neste trabalho. O terceiro critério, para dimensionamento de condutores, é o da queda de tensão, tratado no item 6.2.7.1 da NBR 5410, que determina que a queda de tensão, em qualquer ponto da instalação elétrica, não deve ser superior a (ABNT, 2004):

- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, se este pertencer à unidade consumidora;
- 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da concessionária, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- 5%, calculados a partir do ponto de entrega em casos de tensão secundária de distribuição;
- 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, em casos de gerador próprio.

O cálculo da queda de tensão é importante para o projeto, pois a tensão das cargas deve se manter em determinados limites. Cada equipamento possui uma tensão nominal e pode sofrer uma pequena variação de tensão. Caso a tensão do equipamento esteja abaixo do limite, o seu desempenho é prejudicado, podendo diminuir o seu tempo de vida útil ou, no caso de equipamentos mais sensíveis, impedir o seu funcionamento.

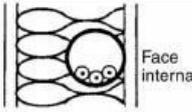
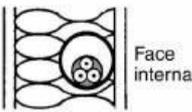
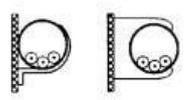
### 3.11 Linhas elétricas

Uma linha elétrica corresponde ao conjunto de um ou mais condutores e seus elementos de suporte, fixação e proteção mecânica, a fim de transportar energia ou sinais elétricos. Para definir a linha elétrica a ser utilizada, é preciso determinar (REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, 2001):

- O conduto a ser empregado, ou seja, todos os acessórios necessários para a sustentação, acomodação, proteção mecânica e /ou fixação do condutor;
- O tipo de condutor, que pode ser cabo nu, isolado, unipolar ou multipolar e;
- O tipo de montagem, ou seja, como a linha elétrica se encontra no ambiente que percorre, podendo ser externa ou interna à edificação, aérea ou subterrânea, embutida ou aparente, dentre outras formas.

Dependendo da linha elétrica a ser adotada, a capacidade de condução de corrente do condutor pode ser afetada e ser necessário um condutor de seção diferente, devido a fatores como a temperatura ambiente e o efeito de outros condutores carregados na mesma linha. A Tabela 33 da NBR 5410 determina os vários tipos de linhas elétricas que podem ser adotados em uma instalação elétrica, de acordo com o tipo de condutor, tipo de conduto e tipo de montagem. Por se tratar de uma tabela extensa, apenas dois tipos de linhas elétricas foram registrados na Tabela 8 deste trabalho.

Tabela 8 – 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: (ABNT, 2001).

Além da Tabela 33 da NBR 5410, necessária para determinar o tipo de linha elétrica, é imprescindível consultar as Tabelas 36 a 39 da mesma norma, que contém a capacidade de

condução de corrente dos condutores de acordo com o tipo de condutor (cobre ou alumínio), linha elétrica, seção nominal e isolamento do condutor, e consultar as Tabelas 40 a 45, também da NBR 5410, que indicam os fatores de correção a serem aplicados para determinar a seção nominal dos condutores a serem utilizados.

Portanto, ao calcular a corrente de projeto do circuito, é preciso consultar as Tabelas 36 a 39 da NBR 5410 para determinar a seção do condutor cuja ampacidade seja, no mínimo, igual à corrente de projeto do circuito. No entanto, também é preciso levar em consideração a temperatura ambiente; no caso de linha subterrânea, a resistividade do solo e a sua temperatura e; a quantidade de características dos condutores na mesma linha (agrupamento de condutores). Dessa forma, é preciso dividir a corrente de projeto do circuito pelo produto dos fatores de correção de temperatura e de agrupamento (e também pelo fator de correção de resistividade, caso a linha seja subterrânea) para, com isso, encontrar a corrente fictícia de projeto, sendo esta utilizada para determinar a seção do condutor pelo critério da capacidade de condução de corrente.

### **3.11.1 Eletrodutos**

O item 6.2.11.1.6 da NBR 5410 determina que a taxa de ocupação do eletroduto é de, no máximo, 53% no caso de um condutor, de 31% no caso de dois condutores e de 40% para três ou mais condutores. Além disso, o mesmo item da norma determina que os trechos contínuos de tubulação, se interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m ou 30 m de comprimento para linhas internas e externas às edificações, respectivamente, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, os limites de 15 m e 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90° (ABNT, 2004).

### **3.12 Potência de pontos de tomada e iluminação**

No item 9.5.2.2.2 da NBR 5410, é determinado que a potência atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que o ponto virá a alimentar nos seguintes ambientes (ABNT, 2004):

- em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admitir o

mínimo de 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente; e

- nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Além disso, o item 9.5.2.2.1 da mesma norma determina o número mínimo de pontos de tomada em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados (ABNT, 2004):

- Nos banheiros, prever ao menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório;
- Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, área de serviço, lavanderias e locais análogos, prever no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- Em varandas, prever ao menos um ponto de tomada;
- Em salas e dormitórios, prever ao menos um ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;
- Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação, prever pelo menos um ponto de tomada se a área do cômodo ou dependência for menor ou igual a 6 m<sup>2</sup>, ou, se a área for superior a 6 m<sup>2</sup>, prever um ponto de tomada para cada 5m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

No caso da potência das cargas de iluminação, os critérios do item 9.5.2.1.2 da NBR 5410 não precisam ser fielmente seguidos, visto que a potência dessas cargas é muito superior às usadas atualmente. Apesar disso, o item 9.5.2.1.1 da mesma norma continua importante, pois este determina que cada cômodo ou dependência deve ter pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor (ABNT, 2004).

A interrupção da corrente elétrica em um circuito de iluminação se dá por meio da interrupção do condutor fase, caso haja a necessidade de fazer trocas de lâmpadas ou um eventual reparo na instalação, sem os riscos de choques elétricos (CREDER, 2007).

### ***3.12.1 Conceitos de iluminação***

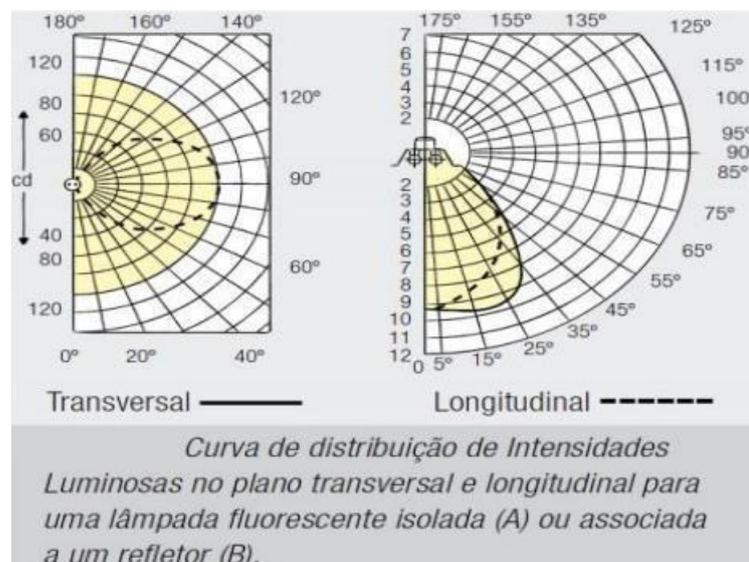
Os conceitos de iluminação, para o melhor entendimento das características e tipos de iluminação, foram discutidos nos subtópicos abaixo.

### 3.12.1.1 Intensidade luminosa

A intensidade luminosa corresponde à parcela do fluxo luminoso de uma fonte luminosa, em uma dada direção e em um ângulo sólido. A sua unidade é a candela (cd) (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

Para melhor compreensão da concepção de intensidade luminosa, é importante o conceito da curva de distribuição luminosa. Esta curva representa, em coordenadas polares, as intensidades luminosas nos planos longitudinal e transversal (RODRIGUES, 2002). Ou seja, a curva de distribuição luminosa corresponde a um diagrama polar no qual uma lâmpada ou luminária é reduzida a um ponto no centro do diagrama e a intensidade luminosa parte do centro do diagrama, sendo representada por vetores em várias direções. Dessa forma, a curva é obtida ao se ligar as extremidades desses vetores, conforme o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Diagrama polar de intensidade.



Fonte: (BORNE, 2010).

### 3.12.1.2 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso corresponde à radiação total de luz emitida por uma fonte luminosa, ou é a potência de energia luminosa emitida ou observada, em todas as direções, dentro dos limites que produzem estímulos visuais percebidos pelo olho humano (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011). A unidade do fluxo luminoso é o lúmen (lm).

Como a lâmpada é geralmente instalada dentro de luminárias, o fluxo luminoso final

disponível é inferior ao irradiado pela lâmpada, devido à reflexão, absorção e transmissão da luz pelos componentes com que são construídas as luminárias.

#### *3.12.1.3 Eficiência luminosa*

Eficiência luminosa é a razão entre o fluxo luminoso, emitido em lúmens, por uma lâmpada e a potência consumida (lm/W). Caso uma luminária com mais de uma lâmpada seja utilizada, considerar a potência correspondente à soma das potências das lâmpadas (RODRIGUES, 2002).

Valores comumente encontrados de eficiência luminosa variam de 10 lm/W (lâmpadas incandescentes) até 120 lm/W (lâmpadas de vapor de sódio em baixa pressão).

#### *3.12.1.4 Iluminância*

Iluminância é o fluxo luminoso, em lúmens, que incide em uma superfície por metro quadrado ( $m^2$ ). A sua unidade é o lux, que corresponde à iluminância de uma superfície plana com um  $m^2$  de área, sobre a qual incide, de forma perpendicular, um fluxo luminoso igual a um lúmen (RODRIGUES, 2002). No Brasil, a norma que determina a quantidade de lux requerida em para a execução de determinada tarefa em um dado ambiente é a ABNT 8995-1.

#### *3.12.1.5 Índice de reprodução de cor (IRC)*

O IRC indica a capacidade de uma fonte luminosa reproduzir precisamente as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada. O IRC corresponde a um número compreendido entre 0 e 100 e, dessa forma, quanto maior o IRC, melhor é a restituição fiel das cores. Dessa forma, o IRC é a medida de equivalência entre a cor real de um objeto e a sua aparência, em meio a uma determinada fonte de luz (RODRIGUES, 2002). A Figura 8 registra a diferença das aparências das cores, tendo o IRC como critério.

Figura 8 – Índice de reprodução de cor.



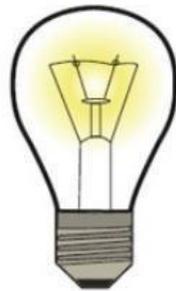
Fonte: (ARQUITETIZZE, 2017).

### 3.12.1.6 Tipos de lâmpadas e luminárias

Um resumo com as principais características de cada tipo de lâmpada foi registrado na Figura 9.

Figura 9 – Resumo das principais características de cada tipo de lâmpada.

Compare as três principais gerações de lâmpadas:



#### Incandescente

##### CARACTERÍSTICAS

Feita com metal, vidro e um filamento de tungstênio que, aquecido, brilha intensamente.

##### ANO DE REGISTRO

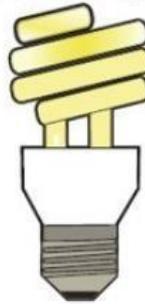
1880

##### A SEU FAVOR

Não contém material tóxico e é facilmente reciclável.

##### CONTRA

Cerca de 90% da energia elétrica não é convertida em luz, apenas em calor.



#### Fluorescente

##### CARACTERÍSTICAS

A combinação entre argônio, vapor de mercúrio e fósforo branco provoca a luminosidade esbranquiçada.

##### ANO DE REGISTRO

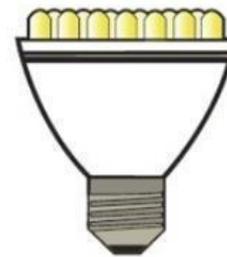
1926

##### A SEU FAVOR

É energeticamente mais eficiente que a lâmpada incandescente. Dura até oito vezes mais.

##### CONTRA

Apresenta elementos tóxicos. Demora três minutos para atingir sua luminosidade total.



#### LED

##### CARACTERÍSTICAS

A luz é produto do movimento dos elétrons, que resulta em luz fria. A base, porém, aquece bastante.

##### ANO DE REGISTRO

2008

##### A SEU FAVOR

Gasta um décimo da energia utilizada por uma lâmpada incandescente. Dura 25 mil horas em média.

##### CONTRA

O preço ainda é bastante alto em relação aos outros tipos.

Fonte: (GAZETA DO POVO, 2011).

Dessa forma, a lâmpada de LED tem uma vida útil muito superior às outras, pois ela não apresenta filamentos, e sim uma fita LED em funcionamento. A fita LED emite luz quando é ligada, levando a uma consequente redução do consumo e maior durabilidade. Além disso, ela não contém metais pesados, e seu descarte é menos prejudicial ao meio ambiente se comparada às lâmpadas fluorescentes, que apresenta mercúrio e fósforo em sua composição, elementos químicos que são tóxicos ao meio ambiente (RETEC JR, 2017).

#### *3.12.1.7 Cálculo luminotécnico*

A conformidade dos níveis de iluminância é fundamental em um bom projeto luminotécnico, e a ABNT NBR 8995-1, de 2013, foi adotada para o cálculo luminotécnico. Para determinar o número de lâmpadas e luminárias, e a disposição delas em cada tipo de ambiente, foi utilizado o método dos lúmens. Este método permite calcular a iluminância (lux) em um ponto qualquer de uma superfície, a partir de qualquer ponto de luz que atinja o ponto a ser considerado.

### **3.13 Projeto da instalação elétrica**

Segundo o item 6.1.8.1 da NBR 5410, a instalação deve ser executada a partir de um projeto que contém, no mínimo, as plantas, esquemas unifilares, detalhes de montagem (se necessários), memorial descritivo, especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender) e, por fim, parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente, dentre outros).

Após concluída a execução da instalação elétrica, revisar a documentação indicada no item 6.1.8.1 da mesma norma e atualizá-la, a fim de tornar o projeto fiel ao que foi executado (ABNT, 2004).

## **4 ESTUDO DE CASO**

Nesta seção será apresentado o estudo que concerne ao perfil social e econômico dos moradores, descrevendo brevemente suas respectivas instalações elétricas residenciais, incluindo a carga elétrica instalada para, posteriormente, avaliar as condições de cada uma dessas instalações.

### **4.1 Local e aplicação do estudo**

Inicialmente foi definida uma vila no bairro de Fátima, em Fortaleza, como local para aplicação do estudo. Essa vila foi selecionada pelo fato de apresentar casas com mais de 30 anos de existência, visto que instalações elétricas antigas apresentam alto desgaste de seus respectivos componentes, o que torna a segurança dessas instalações ainda mais precária.

Em seguida foi realizada a pesquisa de campo em busca dos dados necessários para este trabalho. Para isso, os moradores de cada residência (sete residências) foram contactados, mas só foi possível realizar esta pesquisa com apenas quatro dessas sete residências. A pesquisa de campo foi realizada em cada uma dessas quatro residências, a fim de determinar se suas respectivas instalações elétricas estavam conforme a NBR 5410. Nas entrevistas, foram levantados:

- Os perfis social e econômico dos moradores;
- Os aparelhos eletrônicos presentes, bem como sua quantidade;
- A condição da instalação elétrica em si, conforme a NBR 5410.

As entrevistas foram realizadas durante uma semana, no mês de março de 2022, sempre à tarde, com tempo médio de 1h em cada residência. A Figura 10 indica a localização da vila.

Figura 10 – Vista aérea da vila, no bairro de Fátima.

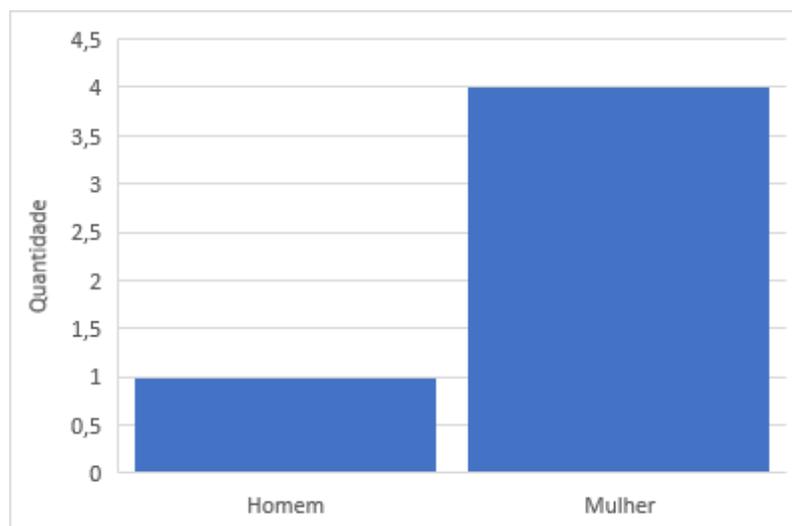


Fonte: Google Maps.

#### 4.2 Perfil social e econômico dos moradores

O gênero dos moradores entrevistados foi representado no Gráfico 7, sendo que todos eles eram responsáveis por suas respectivas residências.

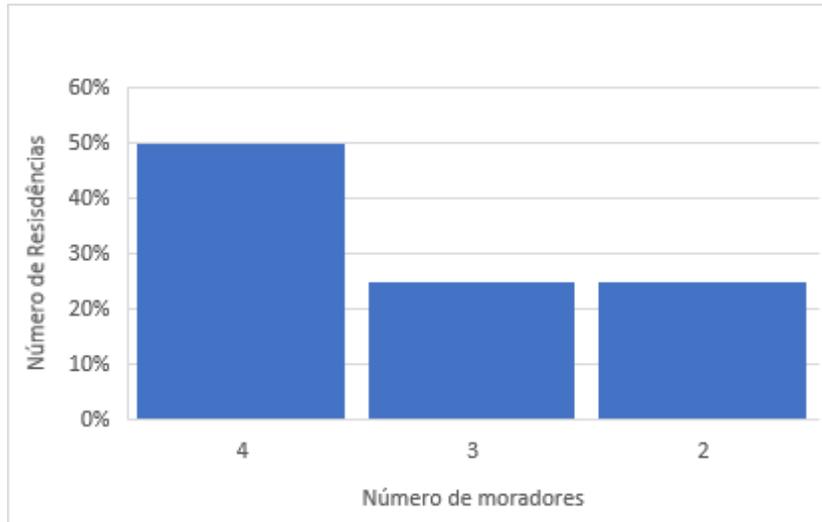
Gráfico 7 - Gênero dos entrevistados.



Fonte: A autora (2022).

O Gráfico 8 mostra a relação entre moradias e número de moradores. Das quatro residências, duas tinham cinco moradores, uma tinha três moradores, e a última tinha dois moradores.

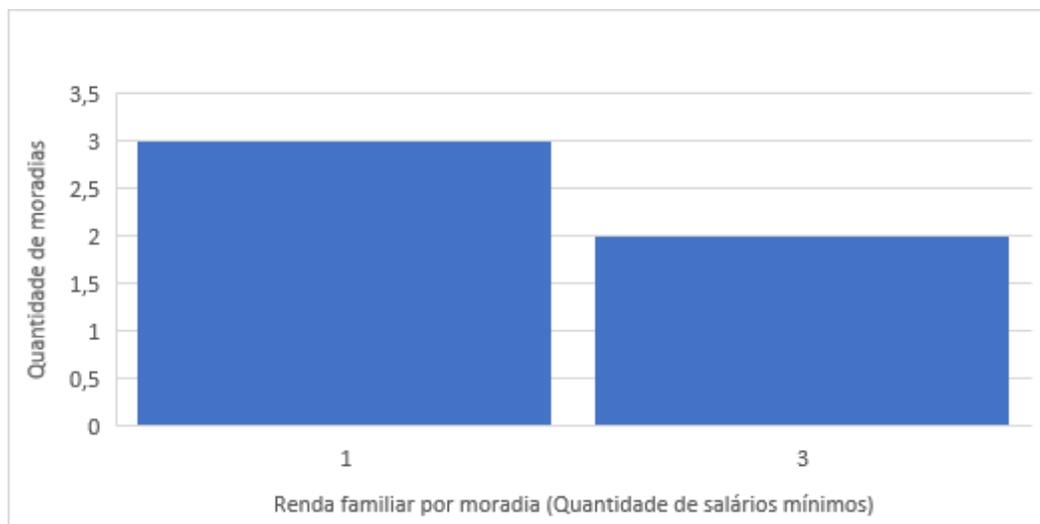
Gráfico 8 - Relação entre moradias e número de moradores.



Fonte: A autora (2022).

Quanto à renda familiar, duas das quatro moradias têm uma renda familiar de três salários-mínimos, ao passo que as outras duas moradias têm uma renda familiar de dois salários-mínimos, conforme o Gráfico 9. O salário-mínimo adotado foi o de R\$ 1.212,00, que vigora no ano de 2022.

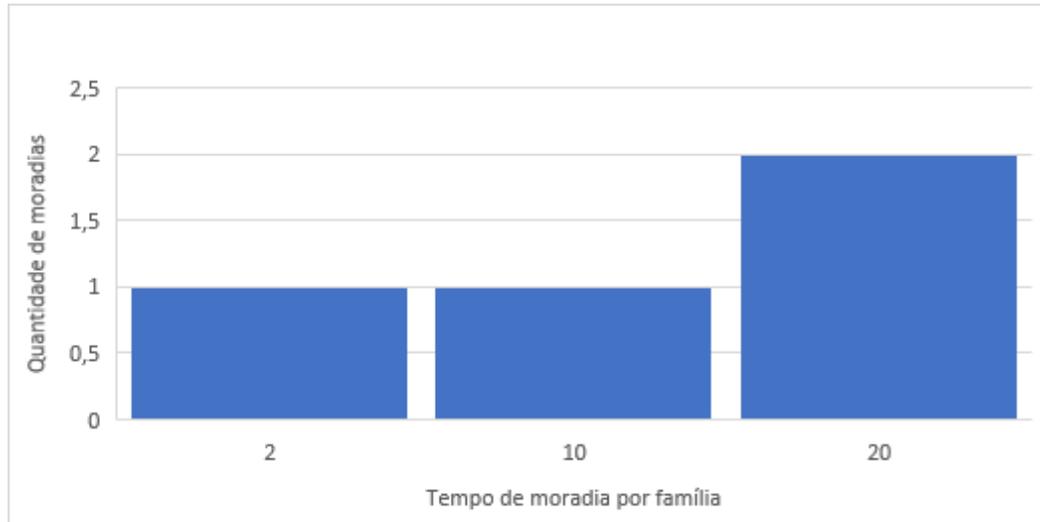
Gráfico 9 - Relação entre moradias e renda familiar.



Fonte: A autora (2022).

Quanto ao tempo em que os moradores estão em suas respectivas residências, duas das famílias estão já faz cerca de 20 anos, uma família mora já faz 10 anos, já a outra família mora já faz 2 anos, de acordo o Gráfico 10.

Gráfico 10 - Relação entre tempo de residência no local e as famílias



Fonte: A autora (2022).

Vale salientar que todas as casas pesquisadas são de alvenaria como material de construção.

#### 4.3 Padrão de fornecimento de energia elétrica das residências

Todas as residências pesquisadas apresentam o padrão de entrada monofásico, representado na Figura 11.

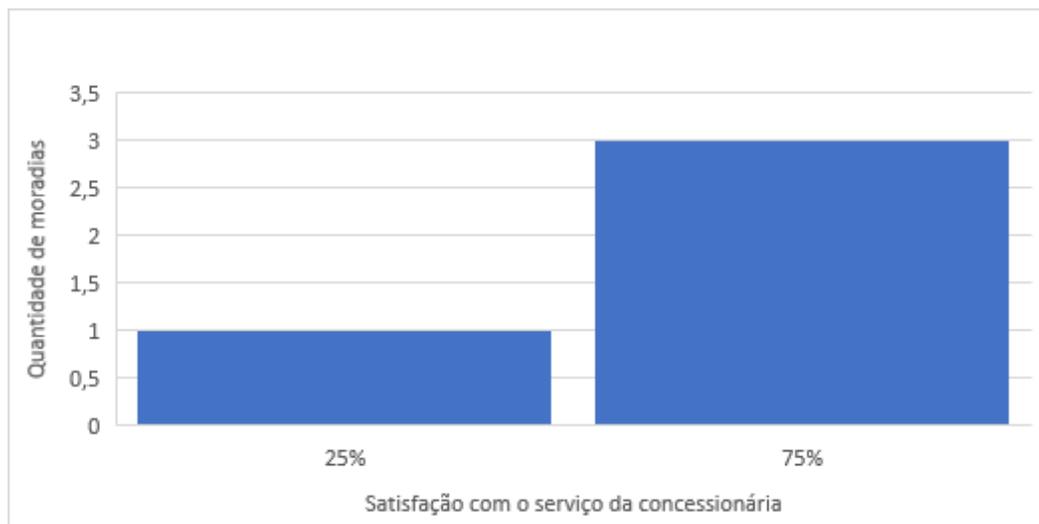
Figura 11 – Padrão de entrada monofásico



Fonte: A autora (2022).

Quanto a satisfação do fornecimento de energia pela concessionária para os entrevistados, 25% dos moradores declararam estar satisfeitos, ao passo que os 75% restantes declararam estar insatisfeitos, principalmente, com o valor da conta de energia. Essas porcentagens foram registradas no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Satisfação dos moradores quanto ao fornecimento de energia pela concessionária



Fonte: A autora (2022).

#### 4.4 Cargas das moradias

Nesse tópico foram representadas as cargas e suas respectivas potências, de cada uma das moradias entrevistadas neste trabalho. As potências das luminárias e tomadas de uso específico (T.U.E.) foram definidas de acordo com os catálogos dos fabricantes, e as potências das tomadas de uso geral (T.U.G.) foram definidas de acordo com o item 9.5.2.2.2 da NBR 5410. Os dados foram registrados a seguir.

Tabela 9 - Cargas da Residência 1.

#### RESIDÊNCIA 1

UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA A (W)	TENSÃO (V)	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)
	1 x 9	1 x 11	100	200	300	600	1.200	1.400				
ILUMINAÇÃO	5								45	220 - 1Ø	0,92	0,22
T.U.G. COZINHA						3			1.800	220 - 1Ø	0,80	10,23
T.U.G. QUARTO / SALA / CORREDOR			5						500	220 - 1Ø	0,80	2,84
T.U.G. BANHEIRO						1			600	220 - 1Ø	0,80	3,41
T.U.E. GELADEIRA				1					200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. LIQUIDIFICADOR				1					200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. MICROONDAS								1	1.400	220 - 1Ø	0,92	6,92
SOMA VERTICAL DOS ITENS	5		5	2		4		1	4.745			
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS	45		500	400		2400		1400				
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>	<b>TOTAL:</b>								<b>4.745</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>0,85</b>	<b>25,47</b>

Fonte: A autora (2022).

Tabela 10 – Cargas da Residência 2

#### RESIDÊNCIA 2

UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)
	x 9	x 11	00	00	00	00	.200	.400				
ILUMINAÇÃO									88	220 - 1Ø	0,92	0,43
T.U.G. COZINHA									2.000	220 - 1Ø	0,80	11,36
T.U.G. QUARTOS / SALA / CORREDOR			0						1.000	220 - 1Ø	0,80	5,68
T.U.G. BANHEIRO									600	220 - 1Ø	0,80	3,41
T.U.E. GELADEIRA									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. LIQUIDIFICADOR									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. MICROONDAS									1.400	220 - 1Ø	0,92	6,92
T.U.E. FORNO ELÉTRICO									600	220 - 1Ø	0,92	2,96
SOMA VERTICAL DOS ITENS			2						6.088			
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS		8	200	00		000		400				
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>	<b>TOTAL:</b>								<b>6.088</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>0,85</b>	<b>32,59</b>

Fonte: A autora (2022).

Tabela 11 – Cargas da Residência 3

<b>RESIDÊNCIA 3</b>												
UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)
	x 9	x 11	00	00	00	00	.200	.400				
ILUMINAÇÃO									99	220 - 1Ø	0,92	0,49
T.U.G. COZINHA									2.000	220 - 1Ø	0,80	11,36
T.U.G. QUARTOS / SALA / CORREDOR			3						1.300	220 - 1Ø	0,80	7,39
T.U.G. BANHEIRO									600	220 - 1Ø	0,80	3,41
T.U.E. GELADEIRA									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. LIQUIDIFICADOR									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. MICROONDAS									1.400	220 - 1Ø	0,92	6,92
T.U.E. TANQUINHO									400	220 - 1Ø	0,92	1,98
SOMA VERTICAL DOS ITENS			5									
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS		9	500	00	00	400		400	6.199			
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>	<b>TOTAL:</b>								<b>6.199</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>0,84</b>	<b>33,37</b>

Fonte: A autora (2022).

Tabela 12 – Cargas da Residência 4

<b>RESIDÊNCIA 4</b>												
UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA A (W)	TENSÃO (V)	FATOR DE POTÊNCIA A	CORRENTE (A)
	x 9	x 11	00	00	00	00	.200	.400				
ILUMINAÇÃO									72	220 - 1Ø	0,92	0,36
T.U.G. COZINHA									1.900	220 - 1Ø	0,80	10,80
T.U.G. QUARTOS / SALA / CORREDOR			2						1.200	220 - 1Ø	0,80	6,82
T.U.G. BANHEIRO									600	220 - 1Ø	0,80	3,41
T.U.E. GELADEIRA									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. LIQUIDIFICADOR									200	220 - 1Ø	0,92	0,99
T.U.E. MICROONDAS									1.400	220 - 1Ø	0,92	6,92
SOMA VERTICAL DOS ITENS			3						5.572			
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS	2		300	00		400		400				
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>	<b>TOTAL:</b>								<b>5.572</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>0,84</b>	<b>30,14</b>

Fonte: A autora (2022).

#### 4.5 Divisão da instalação elétrica em circuitos terminais e proteções adicionais

Cada uma das moradias apresenta apenas dois circuitos terminais, protegidos por disjuntores monopolares 16 A, curva C cada um. Um circuito alimentava as cargas de iluminação e tomada da cozinha, ao passo que o outro circuito alimentava as cargas restantes em cada uma das moradias. Quanto às proteções adicionais, o uso de dispositivos DR e DPS não foram encontrados em nenhuma das casas que participaram da pesquisa.

Dessa forma, a instalação elétrica de cada uma das cargas, considerando a divisão real dos circuitos, com suas respectivas cargas, proteções e seções reais de condutores, foi representada nas Tabelas 13 a 16.

Tabela 13 – Circuitos da Residência 1

RESIDÊNCIA 1																	
CIRCUITO	UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)	DISJUNTOR (A)	CORR. C.C. MÁX. (kA)	TIPO DO DISJUNTOR
		1 x 9	1 x 11	100	200	300	600	1.200	1.400								
C 1	ILUMINAÇÃO E TOMADAS COZINHA	1			2		3		1	3.609	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,80	20,51	16	3	TERMOMAG NÉTICO
C 2	ILUMINAÇÃO E TOMADAS QUARTO / SALA / CORREDOR / BANHEIRO	4	1	5			2			1.747	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,80	9,93	16	3	TERMOMAG NÉTICO
SOMA VERTICAL DOS ITENS		5	1	5	2		5		1								
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS		45	11	500	400		300		140	5.356							
TOTAL DEMANDADO (100%)		TOTAL:								5.356	220 - 1Ø	#4(4)+T4	0,80	30,43	20	3	TERMOMAG NÉTICO

OBS: 1) OS CABOS ALIMENTADORES DEVERÃO SER NÃO HALOGENADOS À BASE DE EV.A.

Fonte: A autora (2022).

Tabela 14 – Circuitos da Residência 2

RESIDÊNCIA 2																	
CIRCUITO	UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)	DISJUNTOR (A)	CORR. C.C. MÁX. (kA)	TIPO DO DISJUNTOR
		1 x 9	1 x 11	100	200	300	600	1.200	1.400								
C 1	ILUMINAÇÃO E TOMADAS COZINHA		1	2	2		4		1	4.411	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,92	21,79	16	3	TERMOMAG NÉTICO
C 2	ILUMINAÇÃO E TOMADAS QUARTOS / SALA / CORREDOR / BANHEIRO		8	10			2			2.288	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,80	13,00	16	3	TERMOMAG NÉTICO
SOMA VERTICAL DOS ITENS			9	12	2		6		1								
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS			99	120	400		360		140	6.699							
TOTAL DEMANDADO (100%)		TOTAL:								6.699	220 - 1Ø	#4(4)+T4	0,88	34,64	20	3	TERMOMAG NÉTICO

Fonte: A autora (2022).

Tabela 15 – Circuitos da Residência 3

<b>RESIDÊNCIA 3</b>																	
CIRCUITO	UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)	DISJUNTOR (A)	CORR. C.C. MÁX. (kA)	TIPO DO DISJUNTOR
		1 x 9	1 x 11	100	200	400	600	1.200	1.400								
C 1	ILUMINAÇÃO E TOMADAS COZINHA		2	2	2	1	3		1	4.222	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,92	20,86	16	3	TERMOMAGNÉTICO
C 2	ILUMINAÇÃO E TOMADAS QUARTOS / SALA / CORREDOR / BANHEIRO		8	13			2			2.588	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,80	14,70	20	3	TERMOMAGNÉTICO
SOMA VERTICAL DOS ITENS			10	15	2	1	5		1								
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS			110	150	400	400	300		140	6.810							
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>										<b>6.810</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>#4(4)+T4</b>	<b>0,87</b>	<b>35,40</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>TERMOMAGNÉTICO</b>

Fonte: A autora (2022).

Tabela 16 – Circuitos da Residência 4

<b>RESIDÊNCIA 4</b>																	
CIRCUITO	UTILIZAÇÃO	ILUMINAÇÃO (W)		FORÇA (W)						POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	FATOR DE POTÊNCIA	CORRENTE (A)	DISJUNTOR (A)	CORR. C.C. MÁX. (kA)	TIPO DO DISJUNTOR
		1 x 9	1 x 11	100	200	400	600	1.200	1.400								
C 1	ILUMINAÇÃO E TOMADAS COZINHA	1		1	2		3		1	3.709	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,92	18,33	16	3	TERMOMAGNÉTICO
C 2	ILUMINAÇÃO E TOMADAS QUARTOS / SALA / CORREDOR / BANHEIRO	7	1	12			2			2.474	220 - 1Ø	#2,5(2,5)+T2,5	0,80	14,06	20	3	TERMOMAGNÉTICO
SOMA VERTICAL DOS ITENS		8	1	13	2		5		1								
SOMA VERTICAL DAS POTÊNCIAS		72	11	130	400		300		140	6.183							
<b>TOTAL DEMANDADO (100%)</b>										<b>6.183</b>	<b>220 - 1Ø</b>	<b>#4(4)+T4</b>	<b>0,87</b>	<b>32,23</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>TERMOMAGNÉTICO</b>

Fonte: A autora (2022).

#### 4.6 Coordenação entre condutores e disjuntores

Para assegurar a proteção dos condutores contra sobrecargas, os dispositivos de proteção (no caso, os disjuntores) de cada instalação elétrica devem ter características tais que respeitem o critério do item a do tópico 5.3.4.1 da NBR 5410.

Esse critério foi adotado nos circuitos de cada uma das instalações, considerando que todos os condutores foram analisados e são, de fato, de 2,5 mm<sup>2</sup>, conforme os quadros de carga do tópico anterior deste trabalho. O método de referência adotado para esses condutores foi B1, visto que os condutores se encontram em eletrodutos de seção circular embutidos em alvenaria. Além disso, como os circuitos são monofásicos e os condutores são de PVC, foi adotada a Tabela 36 da NBR 5410 para determinar a capacidade de condução de corrente dos condutores.

Dessa forma, de acordo com o tópico 3.8 deste trabalho e a NBR 5410, o critério analisado em todos os circuitos terminais de cada uma das moradias foi:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Tabela 17 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 1

<b>Circuito</b>	<b>Corrente de Projeto (IB)</b>	<b>Corrente nominal do disjuntor (IN)</b>	<b>Capacidade de condução de corrente do condutor (IZ)</b>	<b>Atendeu ao critério?</b>
C1	20,51	16	24	NÃO
C2	9,93	16	24	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 18 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 2

<b>Circuito</b>	<b>Corrente de Projeto (IB)</b>	<b>Corrente nominal do disjuntor (IN)</b>	<b>Capacidade de condução de corrente do condutor (IZ)</b>	<b>Atendeu ao critério?</b>
C1	21,79	16	24	NÃO
C2	13,00	16	24	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 19 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 3

<b>Circuito</b>	<b>Corrente de Projeto (IB)</b>	<b>Corrente nominal do disjuntor (IN)</b>	<b>Capacidade de condução de corrente do condutor (IZ)</b>	<b>Atendeu ao critério?</b>
C1	20,86	16	24	NÃO
C2	14,70	16	24	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 20 – Coordenação entre condutores e disjuntores da Residência 4

<b>Circuito</b>	<b>Corrente de Projeto (IB)</b>	<b>Corrente nominal do disjuntor (IN)</b>	<b>Capacidade de condução de corrente do condutor (IZ)</b>	<b>Atendeu ao critério?</b>
C1	18,33	16	24	NÃO
C2	14,06	16	24	SIM

Fonte: A autora (2022).

#### **4.7 Dimensionamento dos alimentadores das moradias e dos respectivos disjuntores gerais**

Além da análise da seção dos condutores que alimentam os circuitos terminais em cada uma das moradias, foi necessário analisar se os alimentadores de cada uma das moradias, ou seja, os condutores que saem do medidor e vão até a unidade consumidora devida, e os disjuntores gerais de proteção estavam de acordo com o definido na Especificação Técnica nº 124 da ENEL, considerando que a rede de distribuição é aérea.

O dimensionamento, tanto desses alimentadores como do disjuntor geral, foi de acordo com a Tabela 21 abaixo, disponibilizada no site da ENEL. Esse dimensionamento é de acordo com a carga instalada (kW) da unidade consumidora.

Tabela 21 – Dimensionamento dos alimentadores e do disjuntor geral

Unidades Consumidoras Conectadas à Rede Aérea de Distribuição											
Tipo de Fornecimento	Carga Instalada (kW)	Corrente máxima do Disjuntor de Proteção (A) <sup>Nota 3</sup>	Potência Disponibilizada a pela Enel Distribuição Ceará (kVA)	Seção mínima do condutor de saída do medidor para unidade consumidora (mm <sup>2</sup> ) <sup>Nota 4</sup>	Seção do Ramal de Ligação (mm <sup>2</sup> )		Eletroduto de PVC Rígido do Ramal de Entrada <sup>Nota 6</sup>		Condutor Mínimo de Aterramento (mm <sup>2</sup> ) <sup>Nota 7</sup>	Diâmetro do Pontalete de Aço Zincado (Pol)	Esforço Mínimo do Poste Auxiliar (daN)
					Concêntrico		(Pol)	(mm)			
					Cobre	Alumínio <sup>Nota 5</sup>					
Monofásica	até 4,0	16	3,52	2,5	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	1/2	20	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	3/4	75
	4,10 a 5,0	20	4,40	2,5	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	1/2	20	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	3/4	75
	5,10 a 6,25	25	5,50	4	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	1/2	20	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	3/4	75
	6,26 a 8,0	32	7,04	4	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	1/2	20	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	3/4	75
	8,1 a 10,0	40	8,80	6	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	1/2	20	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	3/4	75
Bifásica	Maior que 10	20	8,80	4	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	1	32	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	1	75
	10,10 a 12,50	25	11,00	4	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	1	32	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	2	75
	12,51 a 16,0	32	14,08	4	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	1	32	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	2	75
	16,10 a 20,0	40	17,60	6	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	1	32	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	2	75
Trifásica	Maior que 19	25	16,45	4	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	2	60	4 ou 6 <sup>Nota 1</sup>	-	75
	19,10 a 24,0	32	21,06	6	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	2	60	6 ou 10 <sup>Nota1</sup>	-	75
	24,10 a 30,0	40	26,33	10	6 ou 10 <sup>Nota 1</sup>	10 ou 16 <sup>Nota1,2</sup>	2	60	10	-	75
	30,10 a 37,0	50	32,91	10	Multiplexado		2	60	10	-	100
	37,10 a 47,0	63	41,46	16	16	-	2	60	16	-	Nota 8
47,10 a 60,0	80	52,65	25	35	-	2	60	25	-	Nota 9	
60,10 a 75,0	100	65,82	35	35	-	2	60	25	-		

Fonte: (ENEL, 2019).

Nas Tabelas 22 e 23 estão representados os alimentadores e disjuntores gerais de cada uma das moradias, e se estão de acordo com a Especificação Técnica nº 124 da ENEL. Esses condutores têm isolamento de 0,6/1 kV.

Tabela 22 – Alimentadores das moradias

Residência	Carga Instalada (kW)	Seção do alimentador da moradia (mm <sup>2</sup> )	Seção mínima do alimentador (mm <sup>2</sup> ), segundo a ET-124	Atendeu ao critério?
1	5,356	4	4	SIM
2	6,699	4	4	SIM
3	6,810	4	4	SIM
4	6,183	4	4	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 23 – Proteções gerais das moradias

Residência	Carga Instalada (kW)	Proteção geral da moradia (A)	Proteção geral máxima, segundo a ET-124	Atendeu ao critério?
1	5,356	20	25	SIM
2	6,699	20	32	SIM
3	6,810	20	32	SIM
4	6,183	20	32	SIM

Fonte: A autora (2022).

#### 4.8 Identificação dos componentes

Placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação dos dispositivos de proteção de cada circuito terminal não foram identificados em nenhuma das moradias. Além disso, a identificação dos condutores isolados, de acordo com sua função (fase, neutro ou terra), também não foi possível. Nesse caso, buscou-se a identificação por meio das cores, o que não foi possível, pois não estavam conforme o item 6.1.5.3 da NBR 5410. No caso, duas das casas tinham todos os condutores na cor preta, ao passo que uma das casas tinha todos os condutores na cor verde, e a casa restante tinha todos os condutores na cor branca.

#### 4.9 Documentação das instalações elétricas de cada moradia

Nenhuma das moradias tem projeto elétrico, ou pelo menos um diagrama unifilar com indicação dos circuitos e suas respectivas finalidades, ou memorial descritivo.

#### 4.10 Fatores de correção aplicados no dimensionamento dos condutores

Para a determinação do fator de correção para temperaturas em linhas não- subterrâneas e de acordo com a isolação dos condutores, foi utilizada a Tabela 40 da NBR 5410, representada na Tabela 24.

Tabela 24 – Fatores de correção para temperatura em linhas não-subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41

Fonte: (ABNT, 2008).

Todos os condutores dos circuitos terminais são de isolação PVC, e foi adotada uma temperatura ambiente de 35° C. Dessa forma, o  $F_{ct}$  é igual a 0,94. Quanto ao fator de correção de agrupamento ( $F_{ca}$ ), foi considerado o pior caso de seis condutores carregados (fase, neutro e

retorno de cada circuito) em um mesmo eletroduto (método de referência B1). No caso, foi adotada a Tabela 42 da NBR 5410, representada na Tabela 25.

Tabela 25 – Fatores de correção aplicáveis a condutores em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											Tabelas dos métodos de referência	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19		≥20
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: (ABNT, 2004).

Como se trata de seis condutores carregados, pode ser considerado composto de três circuitos com dois condutores carregados. No caso, como é o método de referência B1, tem-se o valor de  $F_{ca}$  igual a 0,7. Dessa forma, foi possível calcular a corrente corrigida ( $I_n'$ ) para todos os circuitos terminais, ao dividir a corrente de projeto ( $I_n$ ) pelo produto dos fatores de correção de temperatura e de agrupamento, conforme a fórmula seguinte:

$$I_n' = \frac{I_n}{F_{ca} \cdot F_{ct}}$$

As Tabelas 26 a 29 informam os valores de corrente corrigida para os circuitos terminais de todas as moradias, e se a seção dos condutores utilizados suporta a corrente corrigida calculada:

Tabela 26 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 1

Circuito Terminal	Corrente de Projeto ( $I_n$ )	Fator de Correção de Temperatura ( $F_{ct}$ )	Fator de Correção de Agrupamento ( $F_{ca}$ )	Corrente Corrigida ( $I_n'$ )	Capacidade de condução de corrente do condutor atual	O condutor adotado é o correto?
C1	20,51 A	0,94	0,7	31,17 A	24 A	NÃO
C2	9,93 A			15,09 A		SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 27 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 2

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Fator de Correção de Temperatura (Fct)	Fator de Correção de Agrupamento (Fca)	Corrente Corrigida (In')	Capacidade de condução de corrente do condutor atual	O condutor adotado é o correto?
C1	21,79 A	0,94	0,7	33,12 A	24 A	NÃO
C2	13,00 A			19,76		SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 28 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 3

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Fator de Correção de Temperatura (Fct)	Fator de Correção de Agrupamento (Fca)	Corrente Corrigida (In')	Capacidade de condução de corrente do condutor atual	O condutor adotado é o correto?
C1	20,86 A	0,94	0,7	31,70 A	24 A	NÃO
C2	14,70 A			22,34		SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 29 – Corrente corrigida dos circuitos terminais da Residência 4

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Fator de Correção de Temperatura (Fct)	Fator de Correção de Agrupamento (Fca)	Corrente Corrigida (In')	Capacidade de condução de corrente do condutor atual	O condutor adotado é o correto?
C1	18,33 A	0,94	0,7	27,86 A	24 A	NÃO
C2	14,06 A			21,37 A		SIM

Fonte: A autora (2022).

#### 4.11 Fatores de correção aplicados no dimensionamento dos alimentadores

Da mesma forma que no tópico anterior, foi utilizada a Tabela 40 da NBR 5410 para determinar o fator de correção para temperatura em linhas não-subterrâneas. Como os condutores são unipolares, foi adotado um fator de correção de temperatura igual a 0,96, considerando uma temperatura ambiente de 35 °C.

O fator de correção de agrupamento, por outro lado, é igual a 1, visto que há apenas dois condutores carregados (fase e neutro) como alimentadores para cada moradia. O valor desse fator de correção foi determinado com base na Tabela 42 da NBR 5410.

Dessa forma, foi possível calcular a corrente corrigida ( $I_n'$ ) para os alimentadores de todas as moradias, para um fator de potência de 0,92, utilizando a equação citada no tópico

anterior. A Tabela 30 informa os valores de corrente corrigida, e se a seção dos alimentadores suporta a corrente corrigida calculada:

Tabela 30 – Corrente corrigida dos alimentadores de cada residência

Residência	Carga Instalada (kW)	Carga Instalada (kVA)	Corrente de Projeto (In)	Fator de Correção de Temperatura (Fct)	Fator de Correção de Agrupamento (Fca)	Corrente Corrigida (In')	Capacidade de condução de corrente do condutor atual	O condutor adotado é o correto?
1	5,356	5,82	26,46 A			27,57 A		SIM
2	6,699	7,28	33,10 A			34,48 A	42 A	SIM
3	6,810	7,40	33,65 A	0,96	1,00	35,05 A		SIM
4	6,183	6,72	30,55 A			31,82 A		SIM

Fonte: A autora (2022).

#### 4.12 Seção mínima dos condutores

Como não houve divisão entre circuitos de iluminação e circuitos de força em nenhuma das casas, não foi possível adotar o critério da seção mínima de condutores do item 6.2.6.1.1 da NBR 5410, visto no tópico 3.11.1 deste trabalho.

No entanto, mesmo não havendo a divisão entre circuitos de iluminação e circuitos de tomada, é preciso analisar a capacidade de condução de corrente dos condutores, pois esta deve ser maior ou igual à corrente de projeto do respectivo circuito, com os fatores de correção de temperatura e agrupamento já aplicados.

Quanto ao condutor neutro, ele tem a mesma seção do condutor de fase, visto que todos os circuitos terminais são monofásicos, segundo o item 6.2.6.2 da NBR 5410.

Por fim, quanto ao condutor de proteção, ele tem a mesma seção do condutor de fase nos circuitos de todas as moradias, atendendo à Tabela 58 da NBR 5410.

#### 4.13 Queda de tensão

A queda de tensão, no caso de todas as moradias, não deve ser superior a 5% se calculada a partir do ponto de entrega, visto que o fornecimento é em tensão secundária de distribuição, conforme o item 6.2.7.1 da NBR 5410. Além disso, os circuitos terminais devem ter uma queda de tensão máxima de 4%, conforme o item 6.2.7.2 da mesma norma (ABNT, 2004). Dessa forma, adotando essa queda de tensão máxima de 3% para os circuitos terminais e os 2% restantes para determinar se a seção do alimentador do quadro de cada moradia está correta, foi adotada a seguinte fórmula para circuitos monofásicos, baseada no livro de Mamede (2017):

$$S_c = \frac{200 \cdot \rho \cdot L \cdot I_n}{\Delta V_c \cdot V_{fn}}$$

Cujas variáveis são:

$S_c$ : Seção nominal do condutor, (mm<sup>2</sup>)

$\rho$ : Resistividade do cobre, igual a 1/56  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

L: Comprimento do circuito (m)

$\Delta V_c$ : Queda de tensão máxima (%)

$V_{fn}$ : Tensão fase e neutro, igual a 220 V

As seções dos condutores, calculadas para uma queda de tensão máxima de 4% foram calculadas e representadas nas Tabelas 31 a 34.

Tabela 31 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 1, de acordo com o cálculo da queda de tensão

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Comprimento (m)	Seção calculada	Seção atual do condutor	O condutor adotado é o correto?
C1	20,51 A	23	2,55	2,5	NÃO
C2	9,93 A	20	1,07	2,5	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 32 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 2, de acordo com o cálculo da queda de tensão

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Comprimento (m)	Seção calculada	Seção atual do condutor	O condutor adotado é o correto?
C1	21,79 A	21	2,48	2,5	SIM
C2	13,00 A	25	1,76	2,5	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 33 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 3, de acordo com o cálculo da queda de tensão

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Comprimento (m)	Seção calculada	Seção atual do condutor	O condutor adotado é o correto?
C1	20,86 A	30	3,39	2,5	NÃO
C2	14,70 A	29	2,31	2,5	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 34 – Seção dos condutores dos circuitos terminais da Residência 4, de acordo com o cálculo da queda de tensão

Circuito Terminal	Corrente de Projeto (In)	Comprimento (m)	Seção calculada	Seção atual do condutor	O condutor adotado é o correto?
C1	18,33 A	25	2,48	2,5	SIM
C2	14,06 A	20	1,52	2,5	SIM

Fonte: A autora (2022).

Como já foram considerados 3% para os circuitos terminais, tem-se apenas 2% para calcular a seção do ramal de entrada aéreo de cada moradia por meio do critério da queda de tensão. A fórmula adotada foi a de circuitos monofásicos, e as seções dos alimentadores de cada moradia foram calculadas e representadas na Tabela 35.

Tabela 35 – Seção dos condutores dos alimentadores de cada residência, de acordo com o cálculo da queda de tensão

Residência	Corrente de Projeto (In)	Comprimento (m)	Seção calculada	Seção atual do condutor	O condutor adotado é o correto?
1	26,46 A	15	3,22	4,0	SIM
2	33,10 A	18	4,84	4,0	NÃO
3	33,65 A	21	5,74	4,0	NÃO
4	30,55 A	20	4,96	4,0	NÃO

Fonte: A autora (2022).

#### 4.14 Eletrodutos

Dada a dificuldade para determinar a seção interna dos eletrodutos de toda a instalação, foram dimensionadas apenas as dimensões internas dos eletrodutos que saem do quadro geral de cada moradia. Dessa forma, foi possível determinar que esses eletrodutos tinham, no geral, uma seção de 3/4”.

Para o pior caso de oito condutores (fase, neutro, terra e retorno de cada circuito em um mesmo eletroduto), um eletroduto de 3/4” pode ser utilizado, respeitando o critério de taxa de ocupação máxima de 40% no caso de três ou mais condutores, conforme o item 6.2.11.1.6 da NBR 5410.

Além disso, apesar do baixo número de caixas de passagem em todas as moradias, os trechos de tubulação, incluindo as curvas, têm um comprimento inferior a 15 metros, estando de acordo com o item citado no parágrafo anterior.

#### 4.15 Espaço reserva nos quadros de distribuição

Nos quadros de distribuição de cada uma das moradias, há espaço reserva para ampliações futuras (acréscimo de novos circuitos terminais), visto que o número de circuitos terminais em cada residência é muito pequeno e são necessários apenas dois circuitos reservas. Dessa forma, os quadros de distribuição estão de acordo com a Tabela 59 da NBR 5410.

#### 4.16 Previsão de carga de iluminação

De acordo com o item 4.2.1.2.2 da NBR 5410, a carga de iluminação deve ser dimensionada seguindo os critérios da NBR 5413, que trata da iluminância de interiores. No entanto, a NBR 5410 foi substituída pela NBR 8995-1, de 2013 e, por meio dessa norma, foi possível determinar se a iluminância (lux) dos ambientes de cada moradia apresenta um valor mínimo ao da NBR 8995-1.

Para determinar o lux de cada ambiente, foi utilizado um luxímetro, cuja medição foi realizada posicionando-o em paralelo com a superfície sob análise (mesa, bancada, dentre outros), pois é nessas superfícies que o lux indicado na NBR 8995-1 para o respectivo ambiente deve ser obtido. O modelo de luxímetro utilizado foi o IP-210LX, da marca Minipa, registrado na Figura 12.

Figura 12 – Luxímetro digital adotado no projeto



Fonte: A autora (2022).

O lux necessário para cada ambiente, segundo a NBR 8995-1, foi representado na Tabela 36 abaixo.

Tabela 36 – Lux mínimo necessário para cada ambiente

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$E_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	

Fonte: (ABNT NBR 8995-1, 2013).

Dessa forma, o lux registrado dos ambientes de cada moradia e o lux necessário para cada ambiente conforme a NBR 8995-1, foram registrados nas Tabelas 37 a 40.

Tabela 37 – Lux de cada ambiente da Residência 1

Ambiente	Lux necessário (segundo NBR 8995-1)	Lux medido	Lux medido > Lux necessário?
Sala	100	73	NÃO
Quarto	100	90	NÃO
Banheiro	200	183	NÃO
Cozinha	200	178	NÃO
Corredor	100	95	NÃO

Fonte: A autora (2022).

Tabela 38 – Lux de cada ambiente da Residência 2

Ambiente	Lux necessário (segundo NBR 8995-1)	Lux medido	Lux medido > Lux necessário?
Sala	100	105	SIM
Quarto 1	100	121	SIM
Quarto 2	100	124	SIM
Banheiro	200	220	SIM
Cozinha	200	186	NÃO
Corredor	100	76	NÃO

Fonte: A autora (2022).

Tabela 39 – Lux de cada ambiente da Residência 3

<b>Ambiente</b>	<b>Lux necessário (segundo NBR 8995-1)</b>	<b>Lux medido</b>	<b>Lux medido &gt; Lux necessário?</b>
Sala	100	129	SIM
Quarto 1	100	112	SIM
Quarto 2	100	77	NÃO
Banheiro	200	191	NÃO
Cozinha	200	176	NÃO
Corredor	100	90	NÃO

Fonte: A autora (2022).

Tabela 40 – Lux de cada ambiente da Residência 4

<b>Ambiente</b>	<b>Lux necessário (segundo NBR 8995-1)</b>	<b>Lux medido</b>	<b>Lux medido &gt; Lux necessário?</b>
Sala	100	93	NÃO
Quarto 1	100	106	SIM
Quarto 2	100	126	SIM
Banheiro	200	215	SIM
Cozinha	200	169	NÃO
Corredor	100	93	NÃO

Fonte: A autora (2022).

Por fim, vale salientar que todos os cômodos de todas as residências têm (pelo menos) um ponto de luz fixo no teto comandado por interruptor, atendendo ao item 9.5.2.1.1 da NBR 5410.

#### 4.17 Previsão de número de pontos de tomada

Quanto ao número de pontos de tomada, nos banheiros de todas as residências existe pelo menos um ponto de tomada acima próximo ao lavatório, atendendo ao critério a) do item 9.5.2.2.1 da NBR 5410. Da mesma forma, as cozinhas de todas as residências apresentam, no mínimo, dois pontos de tomada acima da bancada da pia.

Para que os critérios b) e d) do mesmo item citado no parágrafo sejam atendidos por completo, foi necessário medir o perímetro dos ambientes de todas as casas, a fim de determinar o número mínimo de pontos de tomada necessário em cada ambiente. A cozinha deve ter um ponto de tomada a cada 3,5m ou fração de perímetro, ao passo que os demais ambientes (sala, corredor e quartos) devem ter um ponto de tomada a cada 5m ou fração de perímetro. O perímetro dos ambientes de cada residência foi registrado nas Tabelas 41 a 44, indicando o número mínimo de pontos de tomada e o número real de pontos em cada ambiente. No caso, como os corredores de todas as residências têm uma área inferior a 6 m<sup>2</sup>, a NBR 5410 exige,

pelo menos, um ponto de tomada.

Tabela 41 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 1

<b>Ambiente</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Número mínimo de pontos de tomada</b>	<b>Número real de pontos de tomada</b>	<b>Atende à NBR 5410?</b>
Sala	18	4	2	NÃO
Quarto	12	3	3	SIM
Cozinha	14	4	6	SIM
Corredor	8	1	1	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 42 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 2

<b>Ambiente</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Número mínimo de pontos de tomada</b>	<b>Número real de pontos de tomada</b>	<b>Atende à NBR 5410?</b>
Sala	18	4	4	SIM
Quarto 1	12	3	3	SIM
Quarto 2	10	2	3	SIM
Cozinha	20	6	9	SIM
Corredor	6	1	1	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 43 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 3

<b>Ambiente</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Número mínimo de pontos de tomada</b>	<b>Número real de pontos de tomada</b>	<b>Atende à NBR 5410?</b>
Sala	16	4	5	SIM
Quarto 1	10	2	4	SIM
Quarto 2	10	2	4	SIM
Cozinha	20	6	9	SIM
Corredor	6	1	1	SIM

Fonte: A autora (2022).

Tabela 44 – Número mínimo de pontos de tomada em cada ambiente da Residência 4

<b>Ambiente</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Número mínimo de pontos de tomada</b>	<b>Número real de pontos de tomada</b>	<b>Atende à NBR 5410?</b>
Sala	18	4	4	SIM
Quarto 1	12	3	4	SIM
Quarto 2	12	3	4	SIM
Cozinha	18	6	7	SIM
Corredor	7	1	1	SIM

Fonte: A autora (2022).

Como todas as residências da pesquisa têm mais de 20 anos de existência, o número de pontos de tomada é muito pequeno em alguns ambientes, principalmente, nas salas e nos quartos. Dessa forma, o uso de extensões ou T's foi encontrado em todas as moradias.

## 5 RECOMENDAÇÕES GERAIS ÀS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PESQUISADAS

Como houve diversas inconformidades quanto à NBR 5410, foi desenvolvida a Tabela 45, a fim de indicar recomendações gerais para a melhoria das instalações elétricas de cada moradia verificada.

Tabela 45 – Recomendações gerais para a melhoria das instalações elétricas pesquisadas

Itens de Normas	Inconformidades	Recomendações
4.2.5.5 (NBR 5410) 6.5.4.7 (NBR 5410)	Quantidade insuficiente de circuitos terminais	-Substituir o quadro de distribuição, separar circuitos de iluminação dos de tomada, ter mais de um circuito de tomada.
5.3.4.1 (NBR 5410)	Circuitos terminais sem coordenação entre condutores e disjuntores	- Aumentar a seção do condutor e a corrente nominal do disjuntor do respectivo circuito terminal; ou - Dividir o circuito terminal existente em dois circuitos, reduzindo a corrente de projeto e mantendo a corrente nominal do disjuntor, sem alterar a seção do condutor.
6.1.5 (NBR 5410)	Ausência de identificação dos componentes	-Substituir a fiação para permitir a identificação dos condutores por meio de cores, identificação dos circuitos terminais do quadro de distribuição
6.1.8.1 (NBR 5410)	Ausência de projeto elétrico	-Procurar um profissional habilitado para a elaboração do projeto elétrico.
Tabela 1 (ENEL ET-124)	Seção dos condutores dos alimentadores inferior à corrente de projeto calculada	-Consultar a Enel Distribuição Ceará sobre o aumento da carga instalada que exigir a elevação da potência disponibilizada, com vistas à verificação da necessidade de adequação do sistema elétrico.
5 (8995-1)	Lux medido inferior ao lux necessário do ambiente	-Aumentar o número de lâmpadas no ambiente, ou substituir as lâmpadas existentes por outras que forneçam um maior lux.
9.5.2.2.1	Uso frequente de extensões ou T's, associado ao pouco número de pontos de tomada do ambiente	-Redimensionar a instalação elétrica para as necessidades de consumo atuais, a o instalar pontos de tomada adicionais.
4.1.5 5.1.3.1.1 5.1.3.2.2 5.4.2	Ausência de DR e DPS no quadro de distribuição	-Instalar ambas as proteções, sendo o dimensionamento de ambas realizado por profissional habilitado.

Fonte: A autora (2022).

Quanto aos gastos envolvidos para a adequação das instalações das residências, as figuras 13 e 14 procuram mostrar um orçamento aproximado para o serviço das novas instalações elétricas.

Figura 13 - Média de gastos com Serviços Elétricos Comuns

<b>TABELA DE PREÇOS MÉDIOS DE SERVIÇOS ELÉTRICOS</b>				
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	VALOR UNITÁRIO		VALOR UNIT ACIMA DE 3 PEÇAS	
	S/PASS.CABOS	C/PASS. CABOS	S/PASS.CABOS	C/PASS. CABOS
<b>QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO/ PAINEL</b>				
DE DISJUNTOR MONOFÁSICO	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE DISJUNTOR BIFÁSICO	R\$50,00	R\$75,00	R\$40,00	R\$60,00
DE DISJUNTOR TRIFÁSICO	R\$70,00	R\$105,00	R\$56,00	R\$84,00
DE IDR (INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL)	R\$90,00	R\$135,00	R\$72,00	R\$108,00
DE DPS - DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS	R\$70,00	R\$105,00	R\$56,00	R\$84,00
DE BARRAMENTO PENTE MONOPOLAR NO QDC	R\$35,00	R\$52,50	R\$28,00	R\$42,00
DE BARRAMENTO PENTE BIPOLAR NO QDC	R\$45,00	R\$67,50	R\$36,00	R\$54,00
DE BARRAMENTO PENTE TRIPOLAR NO QDC	R\$55,00	R\$82,50	R\$44,00	R\$66,00
DE BARRAMENTO DE NEUTRO e / ou TERRA	R\$50,00	R\$75,00	R\$40,00	R\$60,00
CIRCUITO DE ATERRAMENTO C/ ATÉ 5 HASTES	R\$340,00	R\$510,00		
DE CONTATOR E/ OU RELÉ TÉRMICO	R\$110,00	R\$165,00	R\$88,00	R\$132,00
DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM QDC (6 CIRCUITOS + DR + DPS)	R\$370,00	R\$555,00	R\$296,00	R\$444,00
DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM QDC (12 CIRCUITOS + DR + DPS)	R\$570,00	R\$855,00	R\$456,00	R\$684,00
DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM QDC (18 CIRCUITOS + DR + DPS)	R\$710,00	R\$1.065,00	R\$568,00	R\$852,00
DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM QDC (24 CIRCUITOS + DR + DPS)	R\$950,00	R\$1.425,00	R\$760,00	R\$1.140,00

Fonte: Engehall (2020).

Figura 14 - Média de gastos com Serviços Elétricos de Tomadas e Iluminação

<b>TABELA DE PREÇOS MÉDIOS DE SERVIÇOS ELÉTRICOS</b>				
INSTALAÇÃO/ MANUTENÇÃO/ TROCA / CONserto <small>Obs: Passagem de cabos - circuitos até 20 metros</small>				
DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	VALOR UNITÁRIO		VALOR UNIT ACIMA DE 3 PEÇAS	
	S/PASS.CABOS	C/PASS. CABOS	S/PASS.CABOS	C/PASS. CABOS
<b>ILUMINAÇÃO</b>				
DE LÂMPADA FLUORESCENTE/ LED COMUM	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE ARANDELA OU SPOT COMUM/ DUPLO/ TRIPLO	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE LÂMPADA FLUORESCENTE/ LED (TUBULAR)	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE LUSTRES SIMPLES / LUMINÁRIA	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00
DE LUSTRES GRANDES / LUMINÁRIA	R\$90,00	R\$135,00	R\$72,00	R\$108,00
DE REFLETOR DE JARDIM	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00
DE REFLETOR DE POSTE COMUM	R\$50,00	R\$75,00	R\$40,00	R\$60,00
DE REFLETOR DE POSTE COM LÂMPADA A VAPOR	R\$90,00	R\$135,00	R\$72,00	R\$108,00
DE INTERRUPTOR SIMPLES	R\$20,00	R\$30,00	R\$16,00	R\$24,00
DE INTERRUPTOR TREE-WAY/ FOUR WAY	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE INTERRUPTOR DUPLO/ BIPOLAR	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE INTERRUPTOR E TOMADA	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE REATOR DE LÂMPADA A VAPOR	R\$50,00	R\$75,00	R\$40,00	R\$60,00
DE FOTOCÉLULA / SENSOR PRESENÇA	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00
DE REFLETOR LED + FOTOCÉLULA ou SENSOR DE PRESENÇA	R\$60,00	R\$90,00	R\$48,00	R\$72,00
DE LUMINÁRIA DE EMERGÊNCIA DE SOBREPOR	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE LUMINÁRIA DE EMERGÊNCIA DE EMBUTIR caixinha 2x4	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE LUMINÁRIA TUBULAR - TROCA SISTEMA DE REATOR PARA LED	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00
<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>		<b>VALOR UNIT ACIMA DE 3 PEÇAS</b>	
<b>PONTO DE UTILIZAÇÃO</b>	<b>S/PASS.CABOS</b>	<b>C/PASS. CABOS</b>	<b>S/PASS.CABOS</b>	<b>C/PASS. CABOS</b>
DE TOMADA SIMPLES	R\$20,00	R\$30,00	R\$16,00	R\$24,00
DE TOMADA DUPLA	R\$30,00	R\$45,00	R\$24,00	R\$36,00
DE TOMADA TRIPLA	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00
DE TOMADA DE PISO E/OU TELEFONE	R\$40,00	R\$60,00	R\$32,00	R\$48,00

Fonte: Engehall (2020).

Considerando esses valores apresentados, torna-se evidente o motivo da não adequação das instalações elétricas, além da falta de conhecimento sobre o assunto. Tais gastos não são agradáveis para os habitantes de baixa renda, considerando-se uma renda de apenas R\$ 1.000,00 (mil reais) mensais.

## 6 CONCLUSÃO

Por meio do estudo de caso foi identificado que as instalações elétricas verificadas apresentam muitas inconformidades quanto à NBR 5410, não atendendo a muitos dos requisitos determinados. Uma instalação elétrica inadequada pode oferecer riscos à segurança do patrimônio e à própria vida. Para reduzir esses riscos torna-se necessário que sejam criados mecanismos legais para a fiscalização da aplicação da NBR 5410.

A própria NBR 5410 determina, em seu capítulo 7, que a instalação elétrica, seja ela nova, ampliada ou reformada, deve ser inspecionada e ter suas conformidades com as normas verificadas, antes de ser realizada a ligação definitiva de fornecimento de energia elétrica. As concessionárias de distribuição são fundamentais nisso, pois devem fazer vistoria nas instalações elétricas das unidades consumidoras, visto que elas têm o papel de prestar o serviço de distribuição de energia elétrica.

Além disso, o apoio das seguradoras também é essencial, ao exigir laudo de inspeção das instalações elétricas para a realização de contratos ou renovação de seguros, o que estimularia uma manutenção das instalações elétricas, em prol de seguir os requisitos da NBR 5410.

Também é preciso conscientizar a própria população sobre a segurança das instalações elétricas, pois, o projeto e execução por profissionais qualificados é visto como um gasto, não como um investimento. Uma maior atuação das concessionárias, seguradoras e da população no geral pode transformar positivamente a realidade das condições das instalações elétricas.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se estudos que abordem a questão do aterramento, pouco vista neste trabalho, dado o pouco tempo para a verificação de cada instalação elétrica pesquisada. Além disso, pode ser checado se as instalações pesquisadas apresentam pontos de tomada de acordo com o padrão da NBR 14136.

## REFERÊNCIAS

A EFICIÊNCIA dos diferentes tipos de lâmpadas e quanto cada uma impacta na conta de energia. **RETEC JR**, 2017. Disponível em: < <https://www.retecjr.com/single-post/2017/12/06/a-efici%C3%Aancia-dos-diferentes-tipos-de-l%C3%A2mpadas-e-quanto-cada-uma-impacta-na-conta-de-energ>>. Acesso em 20 abr. 2022.

ABEE-SP – Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas de São Paulo. **Riscos elétricos e acidentes no ambiente de trabalho**, 2020. Disponível em: < <https://abee-sp.org.br/riscos-eletricos-e-acidentes-no-ambiente-de-trabalho/#:~:text=Choque%20de%20contato%20indireto,ou%20rompimento%20de%20fios%20energizados.>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ABNT. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT NBR 5410:2004. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, 2004. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ABNT NBR 8995-1:2013. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**, 2013. Disponível em: <[http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO\\_CIE8995-1.pdf/view](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view)>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Cartilha do consumidor livre de energia**, 2020. Disponível em: <https://abraceel.com.br/wp-content/uploads/post/2020/10/Cartilha-do-Consumidor-Livre-3.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Diferenças entre consumidores livres e cativos**, 2020. Disponível em: <https://abraceel.com.br/mercado-livre/diferencas-entre-consumidores-livres-e-cativos/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ABRACOPEL – Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade; PROCOBRE – Instituto Brasileiro do Cobre. **Raio X das Instalações Elétricas Residenciais Brasileiras**. Disponível em: <<https://abracopel.org/wp-content/uploads/2020/07/Raio-X-das-Instalacoes-El%C3%A9tricas-Residenciais-Brasileiras.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Modalidades Tarifárias**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BORNE, L. S. **Eficiência Energética em instalações elétricas**. Orientador: Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.

CABOS Elétricos de Potência Embu das Artes. **BRAS DISTRIBUIDORA**, 2019. Disponível em: <<https://www.brasdistribuidora.com.br/tubos-e-conexoes/fios-e-cabos-eletricos/fios-e>>

cabos-eletricos-de-aluminio/cabos-eletricos-de-potencia-embu-das-artes>. Acesso em: 28 abr. 2022.

CAIXA de Passagem de Embutir PVC 15x15 Branco CPT 15 Tigre. **LEROY MERLIN**, 2022. Disponível em: <[https://www.leroymerlin.com.br/caixa-de-passagem-de-embutir-pvc-15x15-branco-cpt-15-tigre\\_87528035](https://www.leroymerlin.com.br/caixa-de-passagem-de-embutir-pvc-15x15-branco-cpt-15-tigre_87528035)>. Acesso em: 23 abr. 2022.

CONSTRUSINOS. **Conheça os tipos de caixa de passagem elétrica e suas funções**, 2020. Disponível em: <<https://construsinos.com.br/conheca-os-tipos-de-caixa-de-passagem-eletrica-e-suas-funcoes/#:~:text=Uma%20caixa%20de%20passagem%20el%C3%A9trica,postes%20e%20fia%C3%A7%C3%B5es%20aparentes%20externas.>>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

COTRIM, A. A. M. B., **Instalações elétricas**. 5. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2007.

DISPOSITIVOS DR 5SV, 5SM e 5SU: Proteção contra correntes de fuga à terra em instalações elétricas. SIEMENS, 2019. Disponível em: <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1b21f502-c9f7-4136-bb73-e8d58d6f3c42/catalogodr-junho2017.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

ELETROTÉCNICA BÁSICA: Proteção contra sobreintensidades – Sobrecargas e curto-circuitos. VOLTIMUM, 2016. Disponível em: <<https://www.voltimum.pt/artigos/licoes-de-electricidade/eletrotecnia-3>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

EMPRESA de Pesquisa Energética (Brasil). EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

ESPECIFICAÇÃO Técnica no. 124. ENEL, 2019. Disponível em: <<https://www.eneldistribuicao.com.br/ce/documentos/CNC-OMBR-MAT-18-0124-EDCE.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FERGÜTZ, M. **Proteção contra choque elétrico: Seccionamento automático da alimentação**. Disponível em: <[https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id\\_cpmenu/9731/choque\\_eletrico\\_10\\_17\\_15641591264492\\_9731.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/9731/choque_eletrico_10_17_15641591264492_9731.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2022.

FILHO, J. M. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Fortaleza: LTC Editora, 2017.

FREGONEZI, M. A. S. **IDR – Interruptor Diferencial Residual**. Disponível em: <<https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/fregonezi/Instalacoes%20eletricas%20-%20Capitulo%20%2011%20-%20Interruptor%20diferencial%20residual.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

GONÇALVES, J. C. S.; VIANNA, N. S.; MOURA, N. C. S. **Iluminação natural e artificial**. Rio de Janeiro: PROCEL Edifica, 2011. Disponível em: <<http://www.PROCELinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-8595D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7B2BBE8E16-41A6-4C8F->>

ABAC949437DC9AE0%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em 18 abr. 2022.

GUIA EMDA NBR 5410. **Revista Eletricidade Moderna**, 2001. Disponível em: <[https://www.coisarada.net/assets/uploads/d5cc3-guia\\_em\\_da\\_nbr\\_5410.pdf](https://www.coisarada.net/assets/uploads/d5cc3-guia_em_da_nbr_5410.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2022.

IMÓVEIS com mais de 20 anos apresentam muitas irregularidades, como falta de dispositivos de proteção, emendas malfeitas e materiais de certificado PROCOBRE, 2015. Disponível em: <<https://www.voltimum.com.br/artigos/noticias-do-setor/risco-iminente>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Apostila de projeto de instalações elétricas residenciais e prediais (parte III). Disponível em: [http://www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh/Repositorio/PIP-Projeto\\_e\\_Instalacoes\\_Eletricas\\_Prediais/Material%20de%20Aula/Parte\\_III\\_Projeto/Material%20de%20Projeto/Apostilas/Apostila\\_Projeto\\_Instala%C3%A7%C3%B5es\\_%20EI%C3%A9tricas\\_Parte%20III\\_v7.pdf](http://www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh/Repositorio/PIP-Projeto_e_Instalacoes_Eletricas_Prediais/Material%20de%20Aula/Parte_III_Projeto/Material%20de%20Projeto/Apostilas/Apostila_Projeto_Instala%C3%A7%C3%B5es_%20EI%C3%A9tricas_Parte%20III_v7.pdf). Acesso em: 20 jun. 2022.

LÂMPADAS incandescentes estão com os dias contados. GAZETA DO POVO, 2011. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/lampadas-incandescentes-estao-com-os-dias-contados-bq3wfm67vy5du05kd5j9g8cu/>>. Acesso em 20 abr. 2022.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MATSUMI, Carlos. **Instalações Elétricas Industriais**, 2012. Disponível em: [http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Instala%C3%A7%C3%B5es\\_EI%C3%A9tricas\\_Industriais\\_Slides\\_Parte\\_I.pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Instala%C3%A7%C3%B5es_EI%C3%A9tricas_Industriais_Slides_Parte_I.pdf). Acesso em: 22 abr. 2022.

MENDONÇA, Márcio et al. Diagnóstico e atenuação de riscos de instalações elétricas em moradias de baixa renda. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29365-29382, 2019.

MORENO, H. **Cabos elétricos de baixa tensão**: conforme a NBR 5410. São Paulo: IFC Cobrecom, [2014]. 186p.

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

PADTEL ELETRÔNICA, 2013. **Interruptores Diferenciais Residuais**, 2013. Disponível em: <<http://padteletronica.blogspot.com/2013/10/interruptores-diferenciais-residuais.html>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

PRYSMIAM CABOS E SISTEMAS. **Manual de Instalações Elétricas Residenciais**. 2006. 136f.

RESOLUÇÃO NORMATIVA nº 414/2010. ANEEL, 2010. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em 01 nov. 2022.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. 1. Ed. Rio de Janeiro: PROCEL, 2002. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1->

4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7BB2BAF2D9-B05C-4080-BF1A-CD72478FE1B5%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: 18 abr. 2022.

QUAL A DIFERENÇA entre as curvas de funcionamento B, C e D dos disjuntores modulares. **Schneider Electric**, 2021. Disponível em: <<https://www.se.com/br/pt/faqs/FA332630/>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

SUMARIVA, E.; SILVA, F. **Avaliação de Conformidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão**: sua importância, seu processo de realização e suas vantagens. 2018. 88f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica e Telemática). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça/SC, 2018.

TOLMASQUIM, M.T. Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro. 2 ed. Brasília, 2015.

UNIVERSO ELÉTRICO. Quais as diferenças entre isolamento PVC e EPR? 2016. Disponível em: <<https://universoeletrico.wordpress.com/2016/08/04/quais-as-diferencas-entre-isolacao-pvc-e-epr/>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

VEJA AS DIFERENÇAS ENTRE ACL X ACR. Soma, 2021. Disponível em: <<http://blog.somaenergia.com.br/infografico-veja-as-diferencas-entre-acl-x-acr/>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

VOCÊ SABE qual é a iluminação ideal para cozinha? ARQUITETIZZE, 2017. Disponível em: <<https://arquitetizze.com.br/voce-sabe-qual-e-a-iluminacao-ideal-para-cozinha/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ENGEHALL. TABELA de PREÇOS ELETRICISTAS, 2020. Disponível em: <<https://engehall.com.br/wp-content/uploads/2020/03/TABELA-de-PRE%C3%87OS-ELETRICISTAS-2020-Engehall-P%C3%A1gina1.pdf>>. Acesso em 18 jul. 2022.