

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

FRANCISCO DANIEL DA SILVA ZUMBA



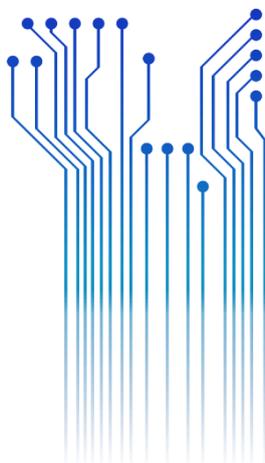
Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL ÀS
NORMAS DE SEGURANÇA E SERVIÇO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2022

FRANCISCO DANIEL DA SILVA ZUMBA

*ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL ÀS NORMAS DE SEGURANÇA
E SERVIÇO*

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Pablo Bezerra Vilar, D. Sc.

Campina Grande
2022

FRANCISCO DANIEL DA SILVA ZUMBA

*ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL ÀS NORMAS DE SEGURANÇA
E SERVIÇO*

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Aprovado em: 30 / 08 / 2022

Professor Dr. André Dantas Germano
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Dr. Pablo Bezerra Vilar
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar saúde para trabalhar todos os dias em busca de objetivos maiores. Aos meus pais, por nunca terem medido esforços, labutando o quanto fosse necessário para tornar possíveis os nossos sonhos. Aos meus irmãos, por todas as vezes que me confortaram nos momentos de dificuldades e em mim depositaram confiança. Aos amigos que fiz nesta cidade e neste curso, pelo companheirismo sempre presente ao longo de nossas ocupações diárias, bem como por todos os momentos de alegria que pudemos compartilhar. Aos meus tios, primos, avós e amigos conterrâneos, pelo otimismo e pela empolgação acerca do meu trabalho e de nosso futuro, além de todo o suporte que me sustentou ao longo desses anos. A toda a equipe que compõe a UFCG, em particular o Departamento de Engenharia Elétrica, pelo carinho e cuidado com que realizam seu trabalho diário, possibilitando a formação de excelentes profissionais. Em especial, ao meu orientador, Pablo Vilar, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio prestado não apenas nesse trabalho, bem como em todas as disciplinas que lecionou e que tive o prazer de ser aluno.

“Segundo um velho ditado, é melhor viajar com esperança do que chegar ao destino. A busca por descobertas estimula nossa criatividade em todos os campos, não apenas na ciência. Se chegássemos ao fim da linha, o espírito humano feneceria e morreria. Mas acho que nunca vamos ficar estagnados: devemos crescer em complexidade, quando não em profundidade, e seremos sempre o centro de um horizonte de possibilidades em expansão.”

Stephen Hawking

RESUMO

A energia elétrica se torna, com o passar dos anos, cada vez mais importante para o pleno funcionamento e desenvolvimento da sociedade. No Brasil, existe uma capacidade de geração instalada de 175.878 MW, sendo o setor residencial responsável por 30% do consumo total. Por outro lado, o número de acidentes de origem elétrica no país é considerado preocupante. De modo a garantir segurança às pessoas e animais, bem como o uso eficiente da eletricidade, é imprescindível que as moradias contem com projetos adequados. Neste trabalho foram analisadas as instalações elétricas de uma residência na cidade de São Miguel-RN, à luz das diretrizes dispostas na norma técnica NBR 5410:2004, da ABNT. Com base no diagnóstico estabelecido, foi proposto um novo projeto elétrico seguindo as normas de segurança e serviço adequadas para este caso. O projeto conta com previsão de cargas, circuitos e demanda, além de dimensionamentos que englobam padrão para fornecimento de energia elétrica, condutores, dispositivos de proteção e eletrodutos. Considerando a reforma da residência em andamento, foi possível acompanhar e registrar partes da nova instalação, atendendo também solicitações do proprietário. Após uma análise do projeto realizado, a conclusão conta com estimativa de custos e propostas para melhorias futuras.

Palavras-chave: Instalação elétrica, reforma residencial, NBR 5410:2004, segurança, projeto elétrico.

ABSTRACT

Over the years, electric energy has become increasingly important for the full functioning and development of society. In Brazil, there is an installed generation capacity of 175,878 MW, with the residential sector accounting for 30% of total consumption. On the other hand, the number of accidents of electrical origin in the country is considered worrying. In order to guarantee the safety of people and animals, as well as the efficient use of electricity, it is essential that the houses have adequate projects. In this work, the electrical installations of a residence in the city of São Miguel-RN were analyzed, in the light of the guidelines set out in the technical standard NBR 5410:2004, from ABNT. Based on the established diagnosis, a new electrical project was proposed following the appropriate safety and service standards for this case. The project includes forecasting of loads, circuits and demand, in addition to sizing that encompass a standard for the supply of electrical energy, conductors, protection devices and conduits. Considering the renovation of the residence in progress, it was possible to monitor and record parts of the new installation, also meeting the owner's requests. After an analysis of the project carried out, the conclusion presents the cost estimate and proposals for future improvements.

Keywords: Electrical installation, residential renovation, NBR 5410:2004, security, electrical project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráficos da capacidade de corrente de curto-circuito.	30
Figura 2 – Zonas tempo-corrente de efeitos de corrente alternada (15 a 100 Hz) sobre pessoas.	31
Figura 3 – Esquema de aterramento TN-C-S.	33
Figura 4 – Curva de atuação de disjuntores de categorias B e C.	35
Figura 5 – Registros de inconformidades encontradas na residência: a) quadro e disjuntor de proteção únicos; b) ponto de tomada de corrente com cabos antigos.	38
ponto de tomada de corrente com cabos antigos.	
Figura 6 – Projeto elétrico proposto: desenho em planta baixa da residência.	45
Figura 7 – Projeto elétrico proposto: diagrama unifilar dos quadros de medição e distribuição	46
Figura 8 – Registros da obra: cortes na alvenaria para passagem de eletrodutos e fixação de caixas de luz em PV antichamas.	47
Figura 9 – Registros da execução do projeto elétrico: a) Passagem de cabos elétricos por eletrodutos; b) Emendas de cabos e instalação de tomadas de corrente.	47
Figura 10 – Tomadas de corrente instaladas e pontos para tomada de sinal RJ45.	48
Figura 11 – Cozinha da residência com pontos de utilização de energia elétrica instalados e iluminação em LED.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Queda de Tensão – Superastic Flex (cobre) e Afumex Green (cobre), 60 Hz.	25
Tabela 2 – Correntes de curto-circuito presumidas.	29
Tabela 3 – Tempos de seccionamento máximos no esquema TN.	33
Tabela 4 – TUGs por cômodo, valores atual e recomendado.	38
Tabela 5 – Previsão de cargas mínimas, tomadas de uso geral e iluminação.	40
Tabela 6 – Circuitos de força de uso específico informados pelo proprietário	41
Tabela 7 – Cargas da residência para cálculo da demanda prevista.	43
Tabela 8 – Quadro de cargas da residência com dados acerca de condutores, proteção e alimentação dos circuitos.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
Abracopel	Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade
Cosern	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
Cu	Cobre
DR	Diferencial-residual
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPR	Etileno-Propileno
FD	Fator de Demanda
FP	Fator de Potência
IMF	<i>International Monetary Fund</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PVC	Policloreto de Vinila
SIN	Sistema Interligado Nacional
TUG	Tomada de Uso Geral
TUE	Tomada de Uso Específico
WC	Banheiro
XLPE	Polietileno Reticulado

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampère
h	Hora
km	Quilômetro
ms	milissegundo
m	Metro
mm	Milímetro
V	Volt
VA	Volt -Ampère
W	Watt
°C	Grau Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	DIAGNÓSTICO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA	16
2.2	PROJETO ELÉTRICO	17
2.2.1	NORMAS APLICÁVEIS	17
2.2.2	PREVISÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS	18
2.2.3	DIVISÃO DOS CIRCUITOS	19
2.2.4	CÁLCULO DA DEMANDA	20
2.2.5	PADRÃO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	21
2.2.6	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES	22
2.2.7	DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	26
2.2.8	DIMENSIONAMENTO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	36
2.2.9	DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS	36
3	ESTUDO DE CASO	37
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	37
3.2	PROJETO ELÉTRICO PROPOSTO	40
3.2.1	PONTOS DE ILUMINAÇÃO E DE TOMADAS	40
3.2.2	DIVISÃO DOS CIRCUITOS	42
3.2.3	DEMANDA PREVISTA	42
3.2.4	QUADRO DE CARGAS	43
3.2.5	PLANTA E DIAGRAMA UNIFILAR	44
3.3	EXECUÇÃO DA OBRA	47
3.4	ANÁLISE DO PROJETO	49
4	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental no processo de manutenção e desenvolvimento da sociedade nos dias atuais. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) indica que o Brasil possui uma capacidade de geração instalada de 175.878 MW, com previsão de aumento para 197.793 MW até o ano de 2026 (ONS, 2022). Em se tratando de um país em desenvolvimento (IMF, 2022), é esperado que o crescimento do setor elétrico assuma importância ainda maior nos próximos anos, assim como foi em países atualmente industrializados. (SIMABUKULO; CORREA; SANTOS; MARTINS, 2017).

Apenas a rede básica de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) possui extensão de mais de 160 milhões de quilômetros (ONS, 2022). Os setores que mais utilizam energia elétrica no país são indústrias, comércios, hospitais, serviço público e residências. Esse último, por sua vez, é responsável por quase 30% do consumo total (EPE, 2020). Diante do alto número de pessoas que usam diariamente a energia elétrica em suas atividades, é imprescindível que sejam seguidas as normas e regulamentações que definem os parâmetros de projetos elétricos.

É possível confirmar a importância da correta elaboração de tais projetos ao analisar os indicadores de acidentes de origem elétrica no país. Segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Abracopel), no ano de 2021 foram contabilizados 898 acidentes por choque elétrico, destes resultando 674 mortes - ocorrências que podem ser evitadas mediante o uso de dispositivos de proteção, isolamento adequada de cabos e emendas etc. Incêndios por sobrecarga contabilizaram 637 acidentes, com 47 mortes (MARTINHO; MARTINHO; DE SOUZA, 2021). Além das perdas de vidas humanas, incêndios causam destruição de bens em geral. Da mesma forma, um correto planejamento da instalação, considerando um adequado dimensionamento de cabos e dispositivos de proteção, pode fornecer segurança contra acidentes dessa natureza.

A norma NBR 5410:2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define as diretrizes a serem observadas em instalações residenciais, as quais, desde que seguidas, garantem que o uso da energia elétrica possa ser feito de forma segura, evitando acidentes com pessoas e animais e danos a bens materiais (ABNT, 2004). As concessionárias de energia elétrica também estabelecem condições técnicas de acordo com sua localização, às quais as instalações devem obedecer para que haja fornecimento de energia elétrica com eficácia e segurança.

A realização desse trabalho foi pensada após uma breve experiência obtida ao acompanhar o trabalho de profissionais eletricitas na cidade de São Miguel-RN. No dia-a-dia desse ofício, nota-se a responsabilidade e o cuidado com que tais profissionais realizam suas atribuições, dado que os resultados da execução de uma instalação envolvem diretamente a segurança de pessoas. Dessa maneira, considerando a importância de projetos obedecendo as normas vigentes, dado o alto número de acidentes de origem elétrica no Brasil, será realizada a análise de uma instalação residencial na cidade citada. A visita e levantamento de informações permitirá realizar um diagnóstico de possíveis problemas e inconformidades, apontando se há a necessidade de elaboração de um projeto elétrico para a residência. O trabalho será realizado à luz das normas ABNT NBR 5410:2004 e DIS-NOR-030:2022, essa última relativa à concessionária de energia elétrica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo geral realizar a avaliação de uma instalação residencial na cidade de São Miguel-RN, levantando possíveis problemas técnicos. Mediante os dados obtidos serão estabelecidas propostas de melhorias para que a instalação possa obedecer às diretrizes das normas vigentes NBR 5410:2004 e DIS-NOR-030:2022.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Visitar a residência e avaliar a instalação elétrica, identificando problemas e inconsistências com as normas técnicas vigentes. Especificamente, observar número de pontos de tomada e iluminação por cômodo, aterramento, cabos utilizados, divisão de circuitos, dispositivos de proteção e métodos executivos;
- Em um novo projeto como proposta de melhorias, determinar previsão de demanda, categoria de atendimento e dimensionar padrão de entrada;

- Dimensionar quadro de distribuição, condutores, dispositivos de proteção e eletrodutos;
- Elaborar memorial técnico-descritivo que especifique características dos materiais a serem utilizados, métodos de dimensionamento, dados do fornecimento de energia elétrica, métodos executivos e lista de materiais prevista;
- Elaborar projeto em planta baixa com detalhes de instalação e memorial de cálculo.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é dividido em quatro partes principais. Na introdução são apresentados quantitativos acerca do uso de eletricidade no país e de acidentes causados pelo uso inadequado da energia elétrica, além dos objetivos e características do trabalho.

Na fundamentação teórica são estudadas as definições de termos importantes no trabalho, métodos de diagnóstico da instalação e métodos de projeto utilizados, atendendo às normas técnicas apresentadas.

A terceira parte, por sua vez, é constituída do estudo de caso em questão. Nela são apresentadas as observações realizadas na residência e avaliações no que concerne a inconformidades com os requisitos técnicos. Também são apresentadas as características do novo projeto técnico, definindo as adequações necessárias à segurança e conforto dos que residem no local.

A conclusão conta com observações finais acerca do trabalho realizado, registrando custos, problemas encontrados, soluções propostas e melhorias realizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentadas as informações e bases teóricas consideradas importantes na elaboração de um projeto elétrico. As subseções tratam dos métodos adequados, de acordo com a norma brasileira, para garantir que uma instalação possa operar de modo que mantenha seguros os utilizadores e os materiais em geral. São quinze tópicos de análise, tratando sobre previsão de cargas, circuitos e demanda, bem como dimensionamento do padrão de entrada para fornecimento de energia elétrica, dos condutores, dispositivos de proteção, quadros de distribuição e eletrodutos.

2.1 DIAGNÓSTICO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

De acordo com a NBR 5410:2004, uma instalação deve atender a uma série de requisitos para ser considerada segura e eficiente. Todo projeto deve fornecer informações importantes àquele que vai executar, realizar manutenção ou utilizar os componentes que a constituem. A documentação deve ser composta de, no mínimo: a) plantas; b) esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis; c) detalhes de montagem, quando necessários; d) memorial descritivo da instalação; e) especificação dos componentes; f) parâmetros de projeto.

O projetista precisa conhecer os detalhes da unidade consumidora - localização, características da edificação, tensão da rede de distribuição da concessionária, previsão de utilização da instalação etc. De posse dos detalhes gerais da edificação e das exigências técnicas normativas, ele pode realizar uma série de cálculos e dimensionamentos a fim de definir todos os pontos de relevância aos quais a instalação deve atender. De maneira geral, o profissional segue etapas básicas que possibilitam a elaboração da documentação adequada (SOUZA, 2020):

- Previsão e distribuição das cargas;
- Divisão dos circuitos;
- Cálculo da demanda;
- Dimensionamento do padrão de fornecimento de energia elétrica;
- Dimensionamento dos condutores;

- Dimensionamento dos dispositivos de proteção;
- Dimensionamento dos quadros de distribuição;
- Dimensionamento dos eletrodutos;
- Definição da tabela orçamentária.

O diagnóstico de uma instalação já em funcionamento, assim como no caso de uma edificação nova, requer do profissional entender as diretrizes que precisam ser seguidas, para a partir desse ponto definir o que está correto, bem como o que requer modificação.

2.2 PROJETO ELÉTRICO

De acordo com os pontos de análise apresentados na seção anterior, são dispostos a seguir os métodos de dimensionamentos, regras e recomendações da norma brasileira quando da concepção e/ou execução de um projeto elétrico.

2.2.1 NORMAS APLICÁVEIS

As primeiras duas normas da lista abaixo são de fundamental importância na elaboração deste trabalho. Contudo, se faz importante citar outras referências complementares:

- NBR 5410:2004 – Instalações elétricas em baixa tensão;
- DIS-NOR-030:2022 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais - Cosern Neoenergia;
- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NBR 5444:1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais;
- NBR ISO/CIE 8995-1:2013 –Iluminação de ambientes de trabalho;
- NBR 5419:2001 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;
- Resolução Normativa ANEEL N° 1.000, de 7 de dezembro de 2021 - Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica.

2.2.2 PREVISÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS

A NBR 5410:2004 considera duas categorias de carga básicas a serem previstas: iluminação e pontos de tomada. Pontos de tomada podem ser de uso geral ou de uso específico. Sendo assim, é importante que sejam considerados todos os equipamentos que podem ser utilizados naquela instalação (ABNT, 2004).

2.2.2.1 ILUMINAÇÃO

As cargas de iluminação devem ser previstas de modo que cada cômodo possua, no mínimo, um ponto de iluminação, preferencialmente no teto, podendo ser na parede em casos específicos, comandado por interruptor na parede. Dois critérios são considerados nesse processo: a) prevê-se uma carga mínima de 100 VA para cômodos com área igual ou inferior a 6 m²; b) prevê-se, em cômodos com área superior a 6 m², uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², somando 60 VA para cada acréscimo de 4 m² inteiros (ABNT, 2004).

Vale lembrar que os valores são úteis para cálculos de previsão de carga, não correspondendo, necessariamente, à potência nominal das lâmpadas utilizadas (ABNT, 2004). Essa observação é de fundamental importância nos dias atuais, tendo em vista a larga utilização de lâmpadas econômicas, como o LED. De acordo com Gandra (2016), em matéria publicada pelo site Agência Brasil, ainda no ano de 2012 foi iniciado o processo de substituição de lâmpadas incandescentes – de comercialização proibida atualmente – por modelos mais econômicos no Brasil.

O LED é capaz de iluminar ambientes com até 85% de economia se comparado às lâmpadas incandescentes (GANDRA, 2016). Por outro lado, a norma brasileira NBR 5410:2004 é de um período anterior às mudanças tecnológicas citadas. Em uma próxima revisão, é possível e desejado que diretrizes relativas à previsão de potência das cargas de iluminação assim como questões relacionadas - condutores e dispositivos de proteção - sejam modificadas para se adequar ao avanço dos materiais e componentes elétricos.

2.2.2.2 PONTOS DE TOMADA

Os pontos de tomada, em número e potência, são definidos de acordo com a utilização do local. A norma determina requisitos básicos e detalhes da instalação. Em se tratando dos principais pontos a serem observados: a) banheiros devem possuir pelo menos um ponto de tomada distante 60 cm do box; b) em ambientes como cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, devem ser previstos, no mínimo, um ponto de tomada para cada 3,5 m do perímetro do ambiente; c) em ambientes como salas e dormitórios, prevê-se um ponto de tomada para cada 5 m do perímetro ou fração deste (ABNT, 2004).

A potência de cada ponto de tomada é determinada de acordo com o aparelho a ser utilizado. Considerando, porém, a imprevisibilidade em muitos cenários de uso, são definidos valores-limite mínimos para tomadas de uso geral: a) para pontos de tomada localizados em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, devem ser previstos 600 VA até os três primeiros, e 100 VA para cada ponto excedente; b) para pontos de tomada em outros ambientes, prevê-se 100 VA por ponto (ABNT, 2004).

2.2.3 DIVISÃO DOS CIRCUITOS

O item 4.2.5.1 da NBR 5410:2004 define que: “A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.”. A intenção é que a divisão possa garantir segurança, conservação de energia, funcionalidade, produtividade e facilidade de manutenção à instalação.

A divisão dos circuitos terminais deve garantir, ainda, uma taxa de ocupação adequada para os eletrodutos, individualização da alimentação a depender da função do equipamento a ser conectado e distribuição equilibrada das cargas entre as fases. Especialmente, devem ser destinados circuitos diferentes para alimentação de pontos de iluminação e pontos de tomada; equipamentos que requeiram corrente superior a 10 A devem ser alimentados por circuitos independentes; ambientes como cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem possuir alimentação por circuito exclusivo, cada um (ABNT, 2004).

2.2.4 CÁLCULO DA DEMANDA

Apesar da importância da previsão de carga de uma residência, a probabilidade de que todas as cargas sejam usadas de forma simultânea é relativamente baixa. Sendo assim, é importante estimar a demanda real que uma unidade consumidora pode requisitar da rede de distribuição, possibilitando o dimensionamento mais adequado dos ramais de entrada, de alimentação e até das redes da concessionária de energia elétrica. Para tal, considera-se o fator de demanda (FD) como parâmetro de proporcionalidade usado para fornecer valores mais realísticos de demanda. De acordo com a Resolução Normativa ANEEL N° 1000 de 07/12/2021, o FD é definido como a razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo e a carga instalada na unidade consumidora.

O fator de demanda pode ser difícil de prever com exatidão, dada a facilidade com que os padrões de utilização da energia elétrica variam por consumidor ou até na mesma residência ao longo do tempo. Apesar disso, as concessionárias de energia elétrica fornecem tabelas que possibilitam ao projetista prever a demanda da unidade consumidora com aproximação considerável. A norma DIS-NOR-030, no item 6.28, fornece uma equação para cálculo da demanda residencial:

$$D = a + b + c + d + e + f + g + h + i + j \quad (1)$$

Onde:

- D - Demanda prevista da unidade consumidora;
- a - Demanda referente à iluminação e tomadas;
- b - Demanda referente a chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos;
- c - Demanda referente a aquecedor central ou de acumulação;
- d - Demanda de secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno de micro-ondas;
- e - Demanda referente a fogões elétricos;
- f - Demanda referente a condicionador de ar tipo janela;
- g - Demanda referente a motores e máquinas de solda a motor;
- h - Demanda referente a equipamentos especiais;

- i - Hidromassagem;
- j - Estação de recarga para veículos elétricos.

Para cada parâmetro citado, a norma regulamentadora estabelece sugestões para os respectivos fatores de demanda.

2.2.5 PADRÃO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Após a obtenção da demanda total prevista para a residência, é possível definir a opção tarifária. A Tabela 1 do Anexo 1 da DIS-NOR-030 permite determinar a categoria de atendimento da unidade consumidora com base na potência instalada ou previsão de demanda. A categoria se faz útil para determinação das características do padrão de entrada. Este último, por sua vez, é composto de uma série de componentes, dimensionados e escolhidos de acordo com a faixa de consumo prevista. De maneira ampla, a categoria define as seguintes características do padrão de entrada:

- Seção transversal dos cabos do ramal de entrada;
- Diâmetro e material dos eletrodutos;
- Configuração do aterramento;
- Corrente nominal do disjuntor geral;
- Classe adequada da caixa para medidor.

O responsável pela edificação possui liberdade para escolher a configuração do padrão de entrada de energia dentro de opções permitidas pela concessionária. Dentre elas, é possível citar ramal de distribuição subterrâneo ou aéreo, fixação em coluna de alvenaria, pontalete, poste particular ou na própria fachada. Na DIS-NOR-030 há figuras e detalhes de instalações, úteis ao projetista e ao profissional responsável pela execução da obra, em seu Anexo II.

2.2.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

Dimensionar os condutores da maneira adequada é de grande importância em um projeto elétrico, pois garante, além de segurança para os usuários, que os cabos tenham sua vida útil prolongada - tanto o material condutor quanto, principalmente, a isolação. A preocupação com o material considera principalmente os efeitos térmicos, causados por sobrecargas ou por fatores externos. A manutenção da qualidade da isolação fornece, por sua vez, segurança contra curtos-circuitos, choques elétricos, fugas de corrente por solo ou por partes condutivas da edificação etc. Em se tratando da parcela condutiva dos cabos, o correto dimensionamento garante que a corrente necessária à alimentação dos aparelhos possa fluir adequadamente, permitindo que a queda de tensão se mantenha dentro de limites aceitáveis.

A NBR 5410:2004, no item 6.2.6.1.2, define critérios aos quais devem atender os condutores da instalação para garantir adequado funcionamento: a) seção mínima; b) capacidade de condução de corrente; c) limites de queda de tensão; além de outras proteções, apresentadas adiante. Cada análise individual fornece um parâmetro a ser considerado, permitindo escolher um condutor que atenda aos requisitos específicos desse ponto. Ao final, escolhe-se o condutor de maior seção transversal dentre os três dimensionados.

2.2.6.1 SEÇÃO MÍNIMA

O critério da seção mínima é o primeiro a ser avaliado quando do dimensionamento de condutores para uma instalação. A Tabela 47 da NBR 5410:2004, no item 6.2.6.1.1, fornece valores de seção mínima, atendendo razões mecânicas, para os condutores de uma instalação a depender do circuito ou aparelho que irá alimentar.

Em instalações onde o cabeamento se encontre fixo, como é em residências em geral, e em se tratando de condutores isolados, define-se que circuitos de iluminação devem ser alimentados com condutores com seção mínima de 16 mm^2 (alumínio) ou $1,5 \text{ mm}^2$ (cobre). Circuitos de força, como é o caso de tomadas de corrente, devem contar com condutores de seção mínima 16 mm^2 (alumínio) ou $2,5 \text{ mm}^2$ (cobre). Para circuitos de sinalização e controle, condutores com seção mínima de $0,5 \text{ mm}^2$ (cobre).

2.2.6.2 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

O critério de capacidade de condução de corrente tem como finalidade garantir vida útil aos condutores e suas isolações. Como visto, tal proteção se dá em relação aos efeitos térmicos causados pela circulação de correntes em serviço normal. Condições externas também podem contribuir para o aumento de temperatura nos condutores, como circuitos agrupados no mesmo eletroduto, temperatura ambiente ou do solo e método de instalação (ABNT, 2004). Para cada contribuição, é feita a correção da corrente de projeto por meio de fatores adequados.

Nas Tabelas 36 e 37 da NBR 5410:2004 é possível visualizar as capacidades de condução de corrente de diversas seções transversais de condutores considerando isolação em PVC e EPR/XLPE, respectivamente, para métodos de referência/instalação A1, A2, B1, B2, C e D, de acordo com item 6.2.5.1.2. Nessas tabelas, foram consideradas temperaturas ambiente e de solo de 30°C e 20°C, respectivamente. Sendo assim, caso a temperatura local onde os condutores serão instalados seja diferente dos valores citados, aplica-se o fator de correção de corrente de acordo com a Tabela 40 da mesma norma (fator de correção k_1).

Em se tratando de condutores enterrados no solo, as capacidades de condução de corrente indicadas são consideradas corretas para solos com resistividade térmica de 2,5 K.m/W. Se o solo em questão tem resistividade térmica maior, os valores devem ser corrigidos de acordo com a Tabela 41 da mesma norma (fator de correção k_2). Isso pode ser evitado se o solo na vizinhança imediata dos condutores for substituído por terra ou material equivalente com dissipação térmica mais favorável.

Por último, os dados das tabelas de referência se baseiam na consideração de que apenas um circuito passa pelo duto. Por outro lado, é comum que eletrodutos/calhas sejam utilizados para a alocação de um número maior de circuitos. A Tabela 42 da mesma norma define fatores de correção de acordo com o número de circuitos agrupados (fator de correção k_3). Portanto, de posse dos fatores de correção k_1 , k_2 e k_3 , calcula-se a corrente corrigida como sendo:

$$I_{\text{corrigida}} = \frac{I_b}{k_1 + k_2 + k_3} \quad (2)$$

Onde I_b é a corrente de projeto original, dada pela razão entre a potência do circuito e a tensão nominal da rede em valores eficazes. Sabendo o método de referência/instalação e o

número de condutores a ser considerado no circuito (Tabela 46 da NBR 5410:2004), determina-se o condutor apropriado de acordo com as Tabelas 36 e 37 da mesma norma.

Vale citar que, em residências, se destacam os métodos de instalação B1 (Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria) e D (Cabos unipolares em eletroduto ou em canaleta não-ventilada enterrado) da Tabela 33 da NBR 5410:2004 (SOUZA, 2021). Comumente são utilizados cabos com isolamento em PVC, pois apesar de suportarem temperaturas menores, são de custo reduzido.

2.2.6.3 LIMITES DE QUEDA DE TENSÃO

Ter informações acerca de quedas de tensão ao longo de uma instalação é muito relevante para o correto dimensionamento de condutores. A maioria dos aparelhos são projetados para funcionar alimentados com a tensão nominal da rede, de modo que trabalhar com valores inferiores pode causar acidentes ou danos ao equipamento em questão (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A NBR 5410:2004 define, em seu item 6.2.7.1, que em qualquer ponto da instalação, os valores de queda de tensão não devem ser superiores a 5% a partir do ponto de entrega, no caso de fornecimento de energia em tensão secundária. Outros pontos de referência menos usuais em residências também são apresentados. Em nenhum caso os circuitos terminais podem receber tensão que apresente mais de 4% de queda, em relação à tensão nominal da rede elétrica. Isso é especialmente útil para avaliar a queda de tensão tendo como referência o quadro de distribuição principal.

Fornecedores e fabricantes de cabos elétricos fornecem catálogos técnicos dos condutores, apresentando parâmetros de queda de tensão em V/A.km. A queda de tensão total em um trecho, considerando a carga em sua extremidade, pode ser calculada de acordo com a seguinte equação (SOUZA, 2021):

$$U = \overline{\Delta U} \times I_b \times l \quad (3)$$

Sendo:

- U - Queda de tensão no trecho especificado;

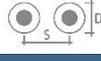
- $\overline{\Delta U}$ - Parâmetro de queda de tensão em V/A.km (fabricante);
- I_b - Corrente de projeto em Ampère;
- l - Comprimento do trecho em km.

Considerando um trecho com carga distribuída, como um circuito de tomadas de uso geral em uma residência, a equação deve ser utilizada da seguinte maneira:

$$U = \overline{\Delta U} \times \Sigma I_b \times l \quad (4)$$

Na Tabela 1 é possível visualizar um exemplo com parâmetros de queda de tensão. Nela, são apresentados os parâmetros de acordo com a seção transversal e modelo de agrupamento dos condutores, além do fator de potência da carga alimentada pelo trecho de cabeamento em questão.

Tabela 1 – Queda de Tensão - Superastic Flex (cobre) e Afumex Green (cobre), 60 Hz.

Seção nominal (mm ²)										
			s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm			
	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95
	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)
1,5	23,34	27,62	23,40	27,66	25,93	30,46	15,90	0,44	22,15	26,21
2,5	14,33	16,93	14,39	16,96	15,75	18,39	9,55	0,42	13,36	15,77
4	8,96	10,56	8,99	10,55	9,89	11,44	5,92	0,40	8,33	9,80
6	6,03	7,07	6,11	7,13	6,67	7,63	3,95	0,39	5,59	6,56
10	3,63	4,23	3,71	4,28	4,08	4,58	2,29	0,37	3,29	3,83
16	2,33	2,68	2,39	2,72	2,61	2,85	1,45	0,34	2,12	2,44
25	1,51	1,71	1,57	1,75	1,85	1,96	0,93	0,33	1,41	1,60
35	1,12	1,25	1,18	1,28	1,40	1,43	0,66	0,31	1,03	1,15
50	0,85	0,94	0,92	0,97	1,06	1,05	0,46	0,30	0,75	0,82
70	0,62	0,67	0,68	0,70	0,83	0,78	0,33	0,29	0,56	0,59
95	0,48	0,50	0,54	0,53	0,69	0,62	0,25	0,28	0,45	0,46
120	0,40	0,41	0,46	0,44	0,60	0,52	0,19	0,27	0,38	0,38
150	0,35	0,34	0,41	0,37	0,52	0,44	0,16	0,26	0,33	0,31
185	0,30	0,28	0,36	0,32	0,47	0,38	0,13	0,25	0,29	0,27
240	0,26	0,23	0,32	0,26	0,41	0,32	0,10	0,24	0,25	0,22

Fonte: (PRYSMIAN, 2022).

2.2.7 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Dispositivos de proteção compõem parte fundamental de uma instalação, pois garantem segurança às pessoas e aos animais presentes no ambiente, bem como aos materiais e componentes elétricos do conjunto. Na NBR 5410:2004, item 6.2.6.1.2, é exigido que o dimensionamento dos condutores permita atender, dentre outros, os requisitos abaixo, atendidos por meio do uso de dispositivos de proteção:

- Proteção contra sobrecargas;
- Proteção contra curtos-circuitos e solicitações térmicas;
- Proteção contra choques elétricos por seccionamento automático da alimentação em esquemas TN e IT.

2.2.7.1 PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS

Correntes de sobrecarga são aquelas acima do valor esperado no projeto, não excedendo a proporção de dez vezes a corrente nominal. A principal característica dessa situação é o aumento da temperatura nos condutores, prejudicando, principalmente, a isolação. Pode ser causa de incêndios, choques por contato com material condutor e danos gerais em trechos da instalação. Alimentação de cargas que requisitem potência maior do que aquela esperada no projeto é um dos motivos que levam ao aparecimento de correntes de sobrecarga nos circuitos (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A proteção contra sobrecargas em uma residência é feita mediante o uso de disjuntores termomagnéticos. Esses dispositivos são capazes de seccionar a alimentação automaticamente, tanto em sobrecargas quanto em curtos-circuitos - avaliados posteriormente neste trabalho - por meio de partes sensíveis a variações térmicas e magnéticas (CAVALIN; CERVELIN, 2006). A NBR 5410:2004, item 5.3.4, trata dos requisitos a serem atendidos para garantir a proteção contra sobrecargas. No item 5.3.4.1 são apresentadas as seguintes condições:

$$I_b < I_n < I_z \quad (5)$$

$$I_2 < 1,45 \times I_z \quad (6)$$

Onde:

- I_B - Corrente de projeto do circuito;
- I_z - Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;
- I_n - Corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;
- I_2 - Corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

A condição (6) deve ser utilizada desde que seja possível garantir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores, de acordo com a Tabela 35 da mesma norma, não se mantenha por período superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 500 h ao longo de toda a vida útil do condutor. No caso de tal garantia não ser possível, (6) deve ser substituída por (7):

$$I_2 < I_z \quad (7)$$

Os disjuntores comerciais para uso residencial são encontrados em uma larga escala de correntes nominais. A faixa pode variar de acordo com o fabricante, mas de modo geral, é possível encontrar dispositivos monopolares, bipolares e tripolares com correntes nominais que variam de 2 A a 125 A (SCHNEIDER ELECTRIC, 2022).

Além da corrente nominal, é importante que seja observada a curva de atuação do disjuntor. Nela é apresentada a característica de atuação do dispositivo em função da corrente que pelo qual flui e do tempo submetido a tal cenário. Disjuntores curva A são destinados à proteção de cargas que possuam característica eletrônica; curva B são utilizados em cargas resistivas e tomadas de uso geral em residência; curva C é especialmente útil para a proteção de cargas de natureza indutiva - no caso de residências, é apropriado para proteção de aparelhos como micro-ondas e motores (SOUZA, 2021).

2.2.7.2 PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITOS

Curto-circuito é definido como o contato, direto ou por meio de um material de baixa impedância, entre estruturas com potenciais elétricos diferentes. A corrente gerada nessa situação pode ser da ordem de 1.000% a 10.000% do valor da corrente nominal, de modo que a permanência de um circuito nesse cenário acarreta em prejuízos consideráveis, desde danificar completamente o trecho submetido à alta corrente até incêndios (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Um curto-circuito acontece quando a fase entra em contato com neutro/terra ou mesmo com outra fase (CAVALIN; CERVELIN, 2006). É muito importante que a alimentação seja interrompida o mais rápido possível para diminuir as possibilidades de acidentes ou danos a bens materiais. A NBR 5410:2004 considera os dispositivos de proteção capazes de atuar em caso de curto-circuito: a) disjuntores; b) dispositivos fusíveis. O uso de fusíveis é menos comum em residências, dado que se faz necessária a troca do componente sempre que o mesmo atuar.

A capacidade de interrupção do disjuntor deve ser, pelo menos, igual à corrente de curto-circuito presumida no ponto. O item 5.3.5.5.2 da NBR 5410:2004 define que a integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser igual ou inferior à integral de Joule necessária para que haja o aquecimento do condutor da temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de limite de curto-circuito. Em linguagem matemática, a condição é dada por:

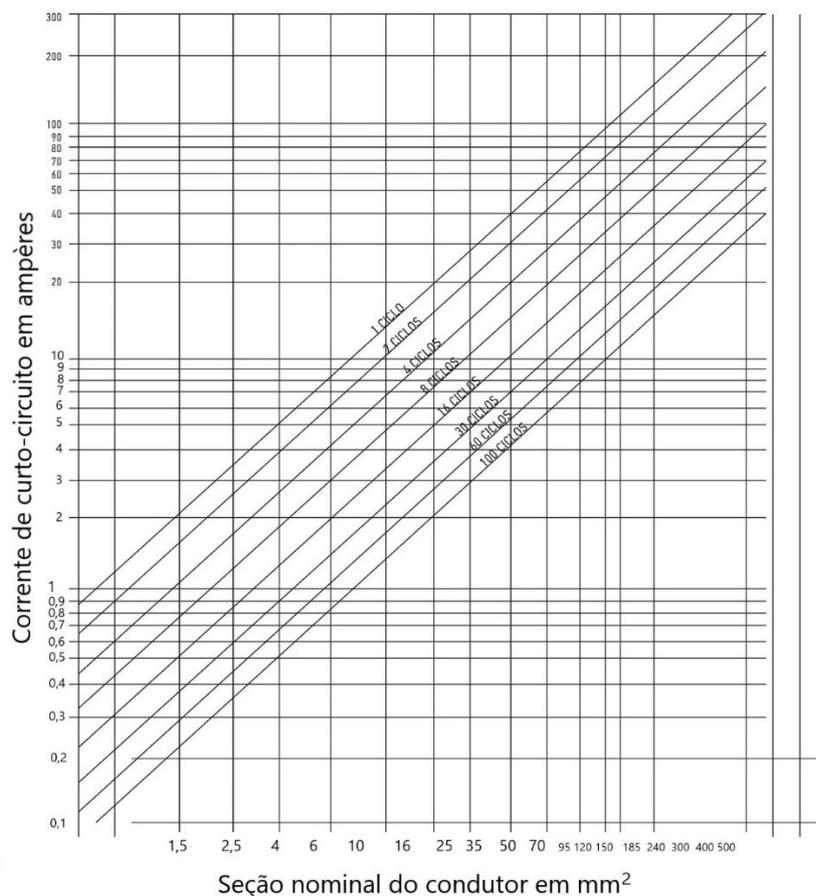
$$\int_0^t i^2 \cdot dt \leq k^2 \cdot S^2 \quad (8)$$

Onde a primeira parte da inequação é a integral de Joule que o dispositivo disjuntor (ou fusível) deixa passar e a segunda é a integral de Joule necessária para realizar a elevação de temperatura no condutor dentro dos limites estabelecidos acima. O parâmetro k pode ser obtido na Tabela 30 da mesma norma e S é a seção transversal do condutor. Há ainda casos em que, considerando um curto-circuito em que a assimetria da corrente não seja significativa, ou com assimetria, mas que o tempo de duração esteja entre $0,1 \text{ s} \leq t \leq 5 \text{ s}$, a equação (8) pode ser simplificada para:

$$I^2 \cdot t \leq k^2 \cdot S^2 \quad (9)$$

Em instalações residenciais, há mais um problema: a Tabela 30 da NBR 5410:2004 informa que os valores do parâmetro k para condutores de seção transversal inferior a 10 mm^2 , os quais, em geral, compõem a maioria dos circuitos residenciais, não estão normatizados. Para isso, recorre-se a gráficos fornecidos pelos fabricantes que permitem avaliar, desde que se conheça a corrente de curto-circuito presumida, se os cabos dimensionados atendem aos requisitos de proteção contra curto-circuito. Na Figura 1 é possível visualizar os dados fornecidos por um fabricante de cabos elétricos, relativos a condutores de cobre - máxima temperatura de serviço contínuo e de curto-circuito de 70°C e 160°C , respectivamente. No eixo vertical são apresentados valores de corrente de curto-circuito e abaixo pode-se ver seções transversais para condutores. Também são apresentadas as curvas que indicam a corrente suportada por cada condutor, a depender do tempo (ciclos).

Figura 1 – Gráficos da capacidade de corrente de curto-circuito.



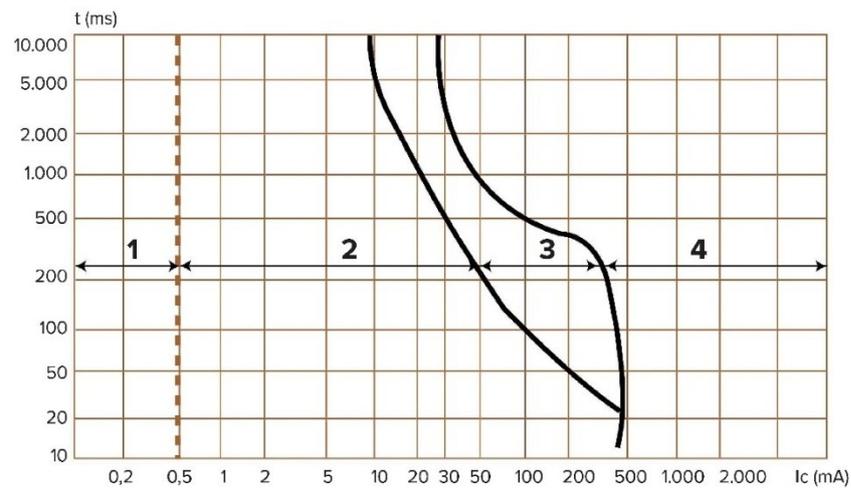
Fonte: (CONSTRUFIOS, 2022).

De posse da corrente de curto-circuito presumida no ponto em análise e do condutor dimensionado pelos métodos anteriores, é possível avaliar quantos ciclos (cada ciclo corresponde a 16,67 ms) o condutor suporta em cenário de curto-circuito. Exemplo: em um cenário com corrente de 1 kA, um condutor de 1,5 mm² suporta até 4 ciclos antes de ser avariado.

2.2.7.3 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES - ESQUEMA TN

De acordo com Abracopel (2020), considera-se choque elétrico uma perturbação fisiológica no organismo quando este é percorrido por corrente elétrica. Os choques mais comuns em instalações elétricas ocorrem quando o indivíduo, no potencial aproximadamente neutro do solo, toca uma estrutura energizada, ou seja, em um potencial elétrico superior. A diferença de potencial faz percorrer uma corrente pelo corpo capaz de causar graves problemas a depender, dentre outros fatores, de sua intensidade. A título de exemplo, uma corrente de 30 mA já é capaz de levar um indivíduo à morte (DE SOUZA; AGUIAR; VIEIRA, 2020). Na Figura 2 pode-se conferir um gráfico de zonas tempo-corrente relacionadas aos efeitos fisiológicos causados pela circulação de correntes no corpo.

Figura 2 – Zonas tempo-corrente de efeitos de corrente alternada (15 a 100 Hz) sobre pessoas.



LEGENDA

- | | |
|---|--|
| <p>1. Nenhum efeito perceptível.</p> <p>2. Efeitos fisiológicos geralmente não danosos.</p> <p>3. Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares) geralmente reversíveis.</p> | <p>4. Elvada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis: fibrilação cardíaca, parada respiratória.</p> |
|---|--|

Fonte: (MORENO; COSTA, 2018).

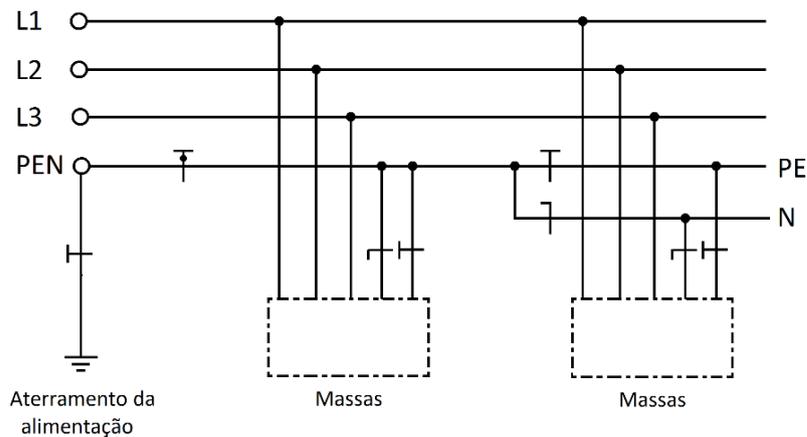
A NBR 5410:2004, item 5.1.1.1, dispõe que “massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas”. O item 5.1.2.2.4.1, alínea a), complementa mostrando que um dispositivo de proteção deve seccionar a alimentação sempre que uma falta no circuito/equipamento originar uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite U_L .

No esquema TN de aterramento, muito usual em residências, é possível utilizar os seguintes dispositivos de proteção:

- Dispositivos de proteção a sobrecorrente;
- Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual - DR.

Em relação à primeira categoria, um exemplo é o próprio disjuntor termomagnético, já visto anteriormente. No que diz respeito ao dispositivo DR, é recomendado a utilização de equipamento de alta sensibilidade - 30 mA ou menos (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Por outro lado, sua utilização não pode ser feita na variante TN-C de aterramento. Para isso, o esquema deve ser convertido para TN-C-S, de modo que o condutor PEN seja desmembrado em neutro e terra e, apenas após a separação, o DR seja conectado, recebendo o neutro e as fases - cabo de proteção passando externamente ao dispositivo (ABNT, 2004). Esse modelo de aterramento pode ser muito proveitoso em uma instalação, dado que permite a conexão das carcaças metálicas dos aparelhos a um ponto de potencial neutro por um meio de baixa impedância (cabo elétrico). Além disso, ele também pode ser um esquema de fácil implementação quando a concessionária de energia entrega um condutor neutro já aterrado. Na Figura 3 é possível visualizar esse esquema de aterramento:

Figura 3 – Esquema de aterramento TN-C-S.



Fonte: (ABNT, 2004).

No caso de falta entre uma fase e um condutor de proteção ou uma massa, considerando a impedância do circuito, o dispositivo de proteção deve atuar dentro dos limites de tempo estabelecidos pela Tabela 3.

Tabela 3 – Tempos de seccionamento máximos no esquema TN.

U _o 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

NOTAS

1 U_o é a tensão nominal entre fase e neutro, valor eficaz em corrente alternada.

2 As situações 1 e 2 estão definidas no anexo C.

Fonte: (ABNT, 2004).

Onde:

- Situação 1 - relacionada a locais com baixa umidade, como quartos, salas, cozinhas, lojas, escritórios e ambientes industriais em geral (MORENO; COSTA, 2018).

- Situação 2 - relacionada a locais molhados, tais como banheiros e áreas externas (MORENO; COSTA, 2018).

Mais detalhes das situações podem ser encontrados no anexo C da norma brasileira. A mesma considera atendida a prescrição se a seguinte condição for satisfeita:

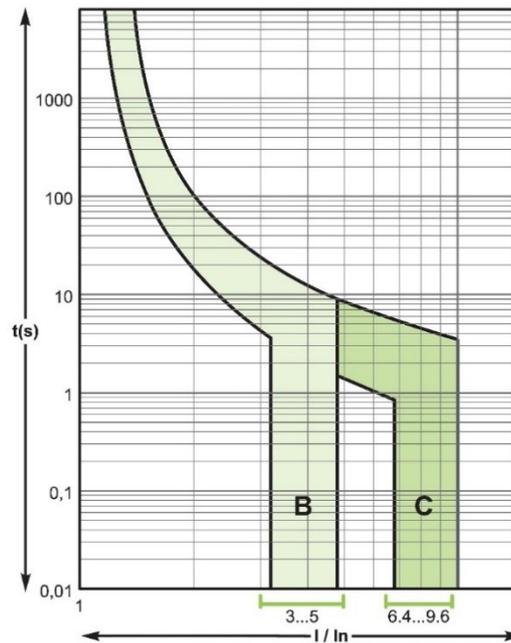
$$Z_S \times I_a \leq U_O \quad (10)$$

Onde:

- Z_S é a impedância, em ohms, do percurso da corrente de falta, composto da fonte, do condutor vivo, até o ponto de ocorrência da falta, e do condutor de proteção, do ponto de ocorrência da falta até a fonte;
- I_a é a corrente, em ampères, que assegura a atuação do dispositivo de proteção num tempo no máximo igual ao especificado na Tabela 25 da mesma norma, Tabela 4 deste trabalho;
- U_O é a tensão nominal, em volts, entre fase e neutro, valor eficaz em corrente alternada.

A corrente, em ampères, que assegura a atuação do dispositivo de proteção em função do tempo pode ser obtida pela curva de atuação do dispositivo. Na Figura 4 são dispostas as curvas de disjuntores curva B e C - os mais comuns em residências:

Figura 4 – Curva de atuação de disjuntores de categorias B e C.



Fonte: (SCHNEIDER ELECTRIC, 2022).

2.2.7.4 PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

Dispositivos de proteção contra surtos (DPS) são previstos na NBR 5410:2004. Seu uso é destinado a proteger as edificações contra sobretensões transitórias nos trechos da instalação, seja em linhas de energia ou de sinal. Essas sobretensões podem ser causadas, principalmente, por descargas atmosféricas indiretas nas linhas elétricas. Em geral, os dispositivos devem atender aos requisitos da IEC 61643-1, de modo que a escolha de suas características deve se basear em: a) nível de proteção; b) máxima tensão de operação contínua; c) suportabilidade a sobretensões temporárias; d) corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso; e) suportabilidade à corrente de curto circuito (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

No item 6.3.5.2.4 da NBR 5410:2004 são impostas condições a serem satisfeitas no que tange à escolha do DPS. É comum que se utilize, em residências, dispositivos de classe II, destinados à proteção de equipamentos de utilização e alocados no quadro de distribuição principal (CAVALIN; CERVELIN, 2006). A Tabela 31 da norma brasileira define que DPS de classe II para atuação em sistemas trifásicos devem garantir uma tensão de impulso suportável de 2,5 kV. A Tabela 49 da mesma norma, por sua vez, mostra que a máxima tensão

de operação contínua do DPS em um esquema TN-C-S é de $1,1 U_0$ (tensão nominal de fase). A suportabilidade à corrente de curto-circuito deve levar em consideração a corrente presumida no quesito de proteção contra curto-circuito, e a corrente nominal de descarga não deve ser menor que 5 kA (SOUZA, 2021).

2.2.8 DIMENSIONAMENTO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

No quadro de distribuição de uma residência são dispostos os dispositivos de proteção e manobra da instalação, como disjuntores termomagnéticos, dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual, dispositivos de proteção contra surtos e até barramentos. A NBR 5410:2004 define observações a serem feitas acerca desse ponto da instalação considerando que o mesmo cumpre papéis nos âmbitos de proteção, manobra e comando. O dimensionamento do quadro é feito levando em consideração o número de dispositivos monofásicos, bifásicos e trifásicos, adicionado do número de espaços reserva, ditado pela Tabela 59 da mesma norma.

2.2.9 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

A NBR 5410:2004 define parâmetros acerca de eletrodutos no item 6.2.11.1. Pontos importantes a serem observados é que só são admitidos eletrodutos constituídos de material não propagante de chama; estes devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas a que forem submetidos nas condições da instalação e sua taxa de ocupação deve estar dentro dos limites estabelecidos:

- 53% para um condutor alocado no eletroduto;
- 31% para dois condutores alocados no eletroduto;
- 40% para três ou mais condutores alocados no eletroduto.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

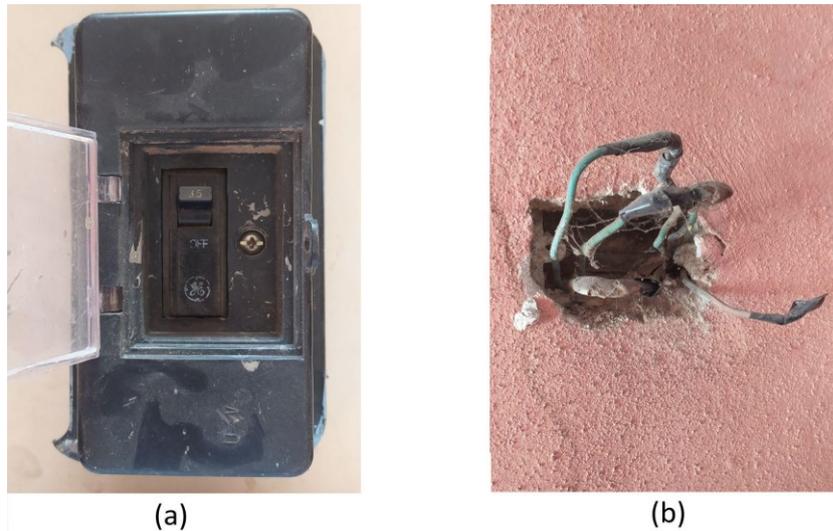
A residência deste estudo de caso fica localizada na Rua Vereador Luís Chicó, Bairro Alto Santa Tereza, na cidade de São Miguel - RN. Durante a primeira visita, foram realizadas observações da instalação elétrica em geral, buscando inconformidades com as normas técnicas, com o objetivo futuro de propor melhorias. Nesse momento, a residência já se encontrava em fase inicial de reforma. O responsável pela obra apontou, previamente, a necessidade de uma nova instalação considerando o fato de a residência ser muito antiga. Alguns trechos com eletrodutos e cabeamento já haviam sido retirados em pontos de reforma da alvenaria, impossibilitando o registro direto dos mesmos. Todavia, as observações desejadas puderam ser realizadas de maneira eficiente.

A residência é composta de 14 (quatorze) cômodos para utilização direta, com área útil de 127,35 m². Apesar disso, e a despeito do item 4.2.5.1 da NBR 5410:2004, observou-se que a alimentação de todos os pontos de utilização de energia elétrica é realizada por apenas um circuito geral. A proteção é feita por meio de um único disjuntor termomagnético com corrente nominal de 35 A.

A alimentação da residência conta com tensão monofásica 220 V. Não foi encontrado condutor de proteção na instalação, apenas fase e neutro provenientes do quadro de medição. Os cabos utilizados, todos em cobre, não possuem padrão de cores de acordo com o tipo de condutor, e a seção transversal de todos os observados é de 1,5 mm², em não conformidade com o critério disposto na Tabela 47 da NBR 5410:2004, a qual define a seção transversal mínima de 2,5 mm² nesses casos.

Em algumas paredes de alvenaria foi possível observar mangueiras de PVC utilizadas com função de eletroduto, caso estritamente proibido pela norma brasileira no item 6.2.11.1.1. As Figuras 5.a e 5.b são registros fotográficos de parte dos problemas encontrados.

Figura 5 – Registros de inconformidades encontradas na residência: a) quadro e disjuntor de proteção únicos; b) ponto de tomada de corrente com cabos antigos.



Fonte: autoria própria (2022).

Apesar das obras em andamento, foi possível estimar, de acordo com as caixas de luz dispostas nas paredes, além de informações do responsável pela obra, a divisão dos pontos de tomada e de iluminação da residência. A Tabela 4 é preenchida com as estimativas originais e os valores esperados dentro dos requisitos técnicos no que concerne ao número mínimo de pontos de tomada por cômodo - linhas de inconformidade coloridas em laranja.

Tabela 4 – TUGs por cômodo, valores atual e recomendado (continua).

Cômodo	Área (m²)	Perímetro (m)	Nº de TUGs (recomendado)	Nº de TUGs (atual)
Quarto 1	8,12	11,42	3	2
Quarto 2	7,93	11,28	3	2
WC1	3,24	7,50	1	1
WC2	4,37	9,18	1	1
Garagem	13,78	15,64	4	2
Oratório	3,72	7,74	2	1
Closet	6,60	10,28	3	2
Despensa	4,87	8,96	2	1
Cozinha	14,54	18,54	6	4
Área de Serviço	11,91	14,32	5	2
Sala de Estar	16,78	17,88	4	3
Suíte	10,02	12,76	3	2

Tabela 4 – TUGs por cômodo, valores atual e recomendado (conclusão).

Cômodo	Área (m²)	Perímetro (m)	Nº de TUGs (recomendado)	Nº de TUGs (atual)
Área de lazer coberta	7,60	11,62	3	0
Área de lazer descoberta	10,57	13,16	3	0
SOMA	127,35	–	44	23

Fonte: autoria própria (2022).

É possível notar que o número de pontos de tomada de corrente em cada cômodo, em função de sua área, não segue a recomendação da NBR 5410:2004, com exceção apenas dos banheiros. Não foram observados também circuitos específicos para aparelhos de maior consumo, como chuveiro elétrico ou ar-condicionado, todavia, foi informado que a residência realmente não contava com essas categorias de carga.

Cada cômodo conta com pelo menos um ponto de iluminação, contudo, muitos localizados na parede, apesar da possibilidade de instalação no teto, como recomendado pela norma. A consequência direta desse arranjo é a não uniformidade da iluminação dos cômodos.

A demanda da residência, de acordo com as estimativas de pontos de tomada de corrente da Tabela 4, pontos de iluminação da Tabela 5 e valores de potência das recomendações técnicas apresentadas na seção 2.2.2 deste trabalho, foi estimada em 2,7 kW. Segundo a Tabela 1 da DIS-NOR-030, essa residência está corretamente alimentada em tensão monofásica 220V. Ademais, em resumo, os pontos de maior discrepância foram:

- Número mínimo de pontos de tomada por área dos cômodos em desacordo com a recomendação da norma brasileira;
- Pontos de iluminação posicionados de maneira ineficiente;
- Seção transversal dos condutores inferior ao limite mínimo estabelecido;
- Divisão inadequada de circuitos, acarretando em proteção deficitária da instalação e dos moradores;
- Uso de materiais inadequados com função de eletroduto;
- Ausência de condutor de proteção e dispositivos de proteção DR e DPS.

3.2 PROJETO ELÉTRICO PROPOSTO

Na elaboração de um novo projeto elétrico para a residência, foram considerados os pontos já observados na Fundamentação Teórica deste trabalho, no que concerne às diretrizes normativas a serem atendidas na elaboração de projetos e execução de instalações elétricas residenciais no Brasil. Tendo em vista a reforma completa da residência, o projeto deve considerar mais do que as inconformidades encontradas, sendo assim, o proprietário também foi consultado a fim de garantir que a nova instalação estivesse de acordo com os desejos dos moradores, de modo a garantir mais conforto e segurança na utilização dos pontos de entrega de energia elétrica.

Além desse trabalho, foi elaborado e entregue aos responsáveis técnicos pela execução, um memorial técnico com os principais pontos a serem observados na nova instalação. O memorial em questão recebeu enfoque nos métodos executivos direcionados à obra - plantas, esquemas unifilares, detalhes de montagem, detalhes do fornecimento de energia elétrica, especificação de componentes e parâmetros de projeto. Os dimensionamentos são apresentados nas próximas seções.

3.2.1 PONTOS DE ILUMINAÇÃO E DE TOMADAS

Considerando os dados de perímetro e área dos cômodos da casa da Tabela 4, bem como as diretrizes apresentadas na seção 2.2.2 deste trabalho, foram previstas as seguintes cargas mínimas, considerando apenas pontos de iluminação e tomadas de uso geral:

Tabela 5 – Previsão de cargas mínimas, tomadas de uso geral e iluminação (continua).

Cômodo	Nº de TUGs	Pot. TUGs (VA)	Pot. Iluminação (VA)
Quarto 1	3	300	100
Quarto 2	3	300	100
WC1	1	600	100
WC2	1	600	100
Garagem	4	400	160
Oratório	2	300	100
Closet	3	300	100

Tabela 5 – Previsão de cargas mínimas, tomadas de uso geral e iluminação (conclusão).

Cômodo	Nº de TUGs	Pot. TUGs (VA)	Pot. Iluminação (VA)
Despensa	2	200	100
Cozinha	6	2.100	220
Área de Serviço	5	2.000	160
Sala de Estar	4	800	220
Suíte	3	600	160
Área de lazer coberta	3	300	100
Área de lazer descoberta	3	300	160
Corredor	1	100	160
Fachada	-	-	52
SOMA	44	9.200	2.092

Fonte: autoria própria (2022).

Vale lembrar que a potência mínima dos pontos de iluminação tem importância fundamental no cálculo da demanda prevista, mais adiante. Apesar disso, a residência contará com iluminação LED, demandando valores consideravelmente menores que os informados na Tabela 5.

Ainda considerando as recomendações da norma e a previsão de equipamentos informada pelo proprietário, foram considerados os seguintes pontos de tomada de uso específico:

Tabela 6 – circuitos de força de uso específico informados pelo proprietário.

Cômodo	Equipamento	Pot. (VA)
Quarto 1	Split 7500 BTUS	1.100
WC1	Chuveiro Elétrico	7.800
Garagem	Motor para portão	660
Cozinha	Forno Micro-ondas	1.520
Suíte	Split 7500 BTUS	1.100

Fonte: autoria própria (2022).

3.2.2 DIVISÃO DOS CIRCUITOS

Os circuitos da residência foram divididos seguindo as recomendações da NBR 5410:2004, dispostas na seção 2.2.3 deste trabalho. O projeto prevê 2 (dois) circuitos de iluminação, 4 (quatro) circuitos de força de uso geral e 5 (cinco) circuitos específicos, de acordo com a seguinte divisão:

- Circuito 1 - Iluminação (1.272 VA): Cozinha + Sala de Estar + Garagem + Quarto 1 + Quarto 2 + Corredor + Fachada + Áreas de Lazer;
- Circuito 2 - Iluminação (820 VA): Oratório + WC1 + WC2 + Suíte + Closet + Despensa + Área de Serviço;
- Circuito 3 - TUG (2.100 VA): Cozinha;
- Circuito 4 - TUG (1.800 VA): Sala de Estar + Garagem + Quarto 1 + Quarto 2;
- Circuito 5 - TUG (3.300 VA): WC1 + WC2 + Oratório + Suíte + Closet + Despensa + Áreas de Lazer + Corredor;
- Circuito 6 - TUG (2.000 VA): Área de Serviço;
- Circuito 7 - TUE (1.100 VA): Split 7500 BTUS Suíte;
- Circuito 8 - TUE (1.100 VA): Split 7500 BTUS Quarto 1;
- Circuito 9 - TUE (7.800 VA): Chuveiro Elétrico;
- Circuito 10 - TUE (1.520 VA): Forno Micro-ondas;
- Circuito 11 - TUE (660 VA): Motor do portão da garagem.

Buscando diminuir os efeitos térmicos sobre os condutores, optou-se por agrupar um número máximo de três circuitos por eletroduto, como poderá ser analisado na planta apresentada adiante na seção 3.2.5.

3.2.3 DEMANDA PREVISTA

A demanda prevista da unidade consumidora é estimada de acordo com as cargas dimensionadas nas Tabelas 5 e 6 e fatores de demanda, seguindo as especificações da norma DIS-NOR-030 - Rev. 02 de fevereiro/2022. Na Tabela 7, é possível observar os fatores de demanda aplicados às diferentes cargas da unidade.

Tabela 7 – Cargas da residência para cálculo da demanda prevista.

Tipo de Carga	Potência (VA)	FD
Iluminação + TUGs	11292	0,24
TUE (Aq. Água)	7800	1,00
TUE (Micro-ondas)	1520	1,00
TUE (Ar. Cond.)	2200	1,00
TUE (Motor)	660	1,00

Fonte: autoria própria (2022).

A demanda é, então, calculada seguindo a equação (11).

$$D = 11292 \times 0,24 + 7800 \times 1 + 1520 \times 1 + 2200 \times 1 + 660 \times 1$$

$$D = 14890,08 \text{ VA} \quad (11)$$

É possível aproximar a demanda residencial para **D = 15 kVA**. O fornecimento de energia elétrica será alterado para um modelo em baixa tensão trifásica 220/380 V e 60 Hz, Categoria T5 a 4 cabos (3 fases + 1 neutro), de acordo com as Tabelas 1 e 2 do Anexo 1 da norma DIS-NOR-030. Demais detalhes do padrão de entrada, incluindo condutores de alimentação e características do sistema de aterramento, também fornecidos pela norma citada, foram dispostos no memorial técnico.

3.2.4 QUADRO DE CARGAS

Na Tabela 8 é apresentado o quadro de cargas com os dimensionamentos realizados no que diz respeito aos condutores e à proteção por meio de disjuntores termomagnéticos, seguindo os critérios da NBR 5410:2004 descritos nas seções 2.2.6 e 2.2.7 deste trabalho. As cargas e respectivas potências seguem os parâmetros das Tabelas 6 e 7, e os fatores de potência são dados em conformidade com o item 6.28 da DIS-NOR-030. A alimentação dos

circuitos individuais foi pensada levando em conta o máximo equilíbrio de demanda entre as fases, e todos os condutores são de cobre com isolamento em PVC 70°C.

Tabela 8 – Quadro de cargas da residência com dados acerca de condutores, proteção e alimentação dos circuitos.

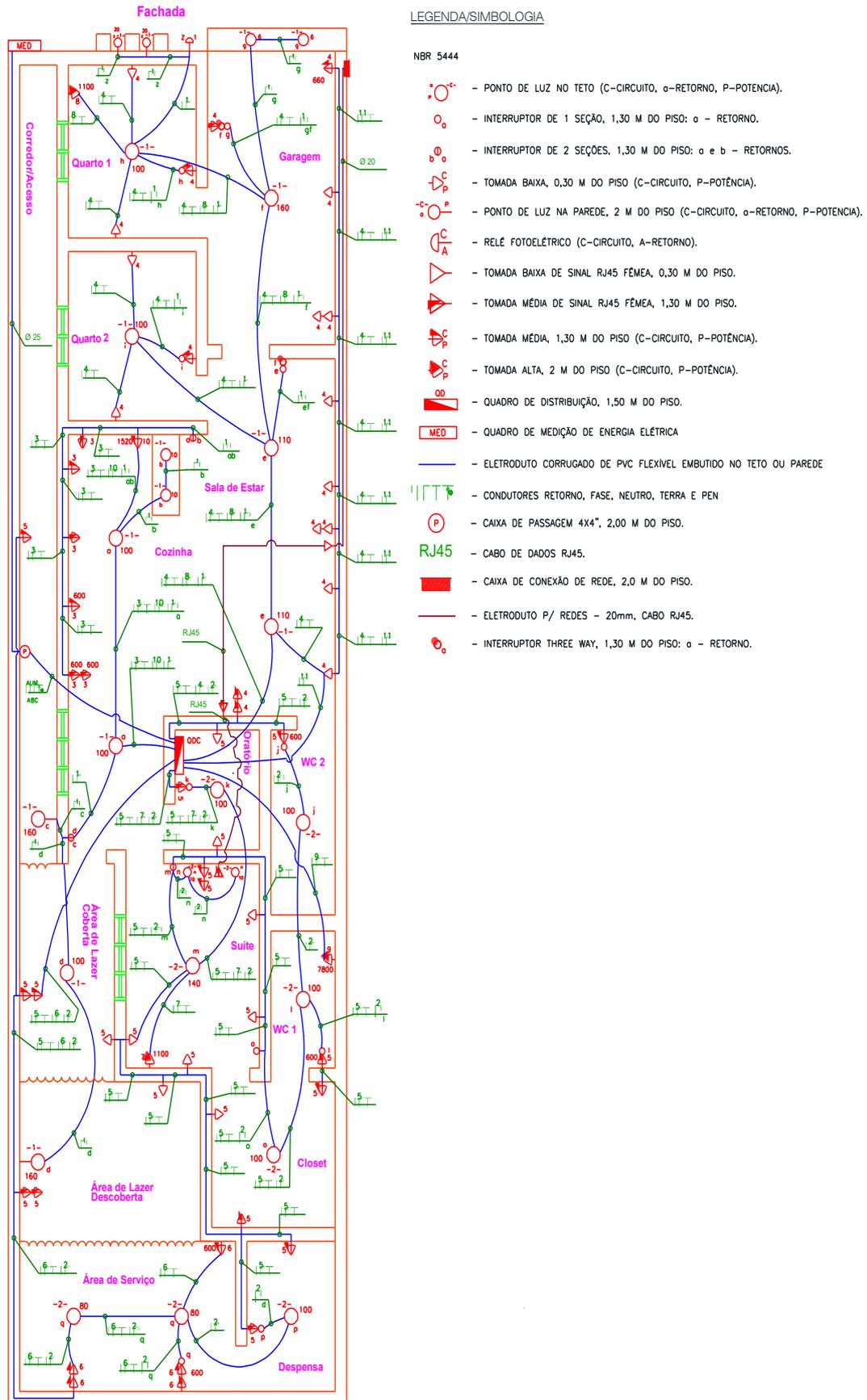
Quadro de Cargas									
Cir.	Carga	Potência (VA)	FP	Tensão (V)	Corrente (A)	Seção (mm ²)	Proteção - In (A)	Curva	Fase
1	Ilum.	1.272,00	1	220	5,78	1,50	6,00	B	A
2	Ilum.	820,00	1	220	3,73	1,50	6,00	B	C
3	TUG	2.100,00	1	220	9,55	2,50	10,00	C	A
4	TUG	1.800,00	1	220	8,18	2,50	13,00	B	A
5	TUG	3.300,00	1	220	15,00	2,50	16,00	B	C
6	TUG	2.000,00	1	220	9,09	2,50	10,00	C	C
7	TUE	1.100,00	0,73	220	5,00	2,50	6,00	C	A
8	TUE	1.100,00	0,73	220	5,00	2,50	6,00	C	C
9	TUE	7.800,00	1	220	35,45	6,00	40,00	B	B
10	TUE	1.520,00	1	220	6,91	2,50	8,00	C	A
11	TUE	660,00	0,63	220	3,00	2,50	6,00	C	C
Alim.	--	23.472,00	--	380 /220	--	10,00	50T	--	ABC

Fonte: autoria própria (2022).

3.2.5 PLANTA E DIAGRAMA UNIFILAR

Na Figura 6 é possível observar o projeto em planta baixa da residência. O modelo foi concebido buscando a melhor distribuição espacial para os pontos de iluminação, tomadas, quadros de medição e de distribuição, seguindo os critérios e recomendações das normas técnicas. Além disso, foram levadas em conta as necessidades informadas pelo proprietário, além dos circuitos de força específicos, dentre as quais citam-se os principais: distribuição de luzes decorativas tipo spot na suíte; tomadas de sinal RJ45 na sala e na suíte; quadro de distribuição fora da área de visão da cozinha; e acendimento automático de luzes tipo arandela na fachada à noite.

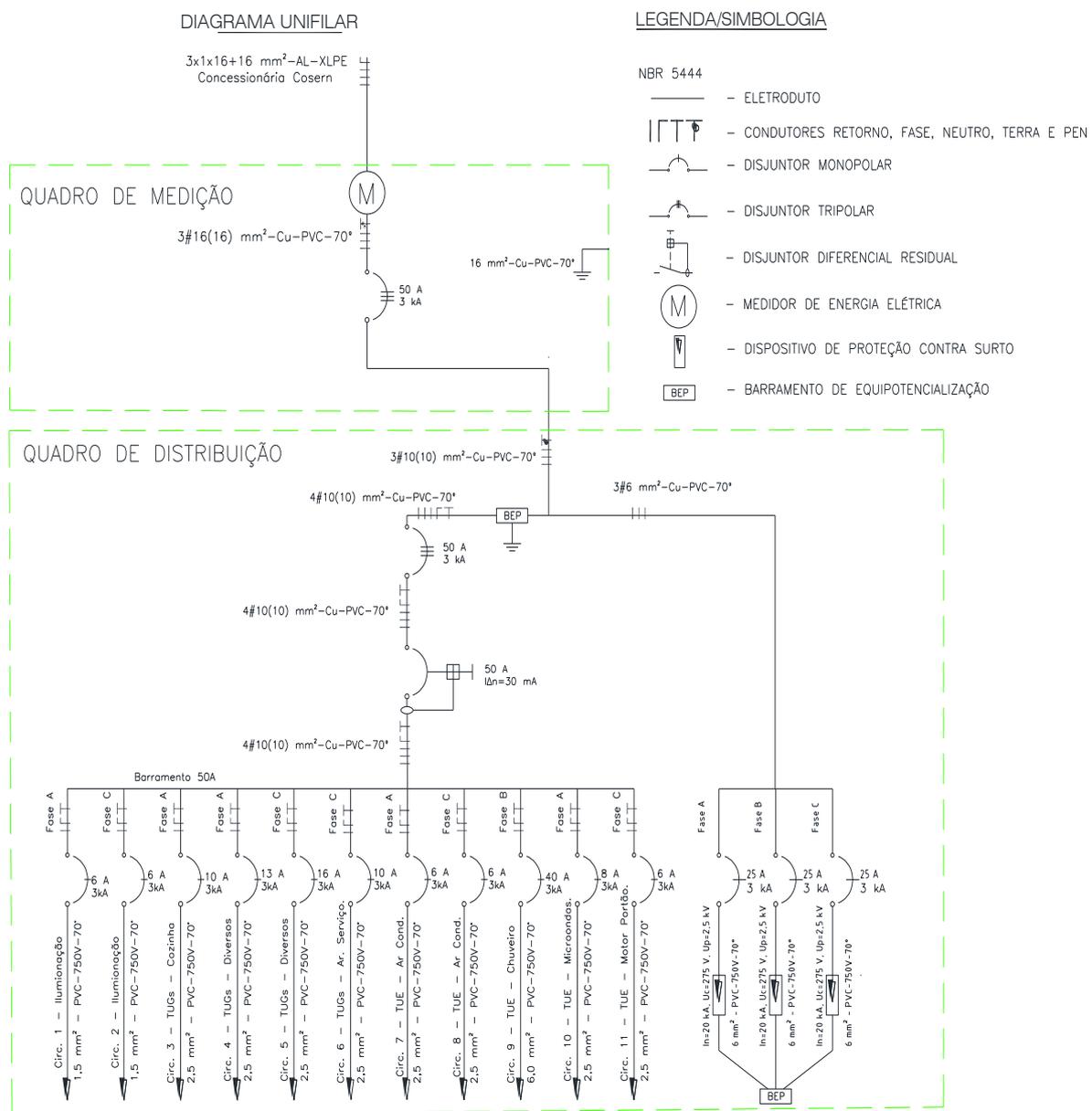
Figura 6 – Projeto elétrico proposto: desenho em planta baixa da residência.



Fonte: autoria própria (2022).

Na Figura 7 é apresentado o diagrama unifilar da residência, incluindo quadro de medição, quadro de distribuição e seus componentes. Optou-se por um sistema de aterramento TN-C-S (apresentado na Figura 3), considerando a entrega, por parte da concessionária, de um condutor neutro já aterrado. Os dispositivos de proteção DR e DPS foram escolhidos de acordo com os critérios expostos nos itens 2.2.7.3 e 2.2.7.4 desse trabalho, respectivamente. Todas as características dos componentes foram detalhadas também no memorial descritivo entregue aos responsáveis técnicos.

Figura 7 – Projeto elétrico proposto: diagrama unifilar dos quadros de medição e distribuição.



Fonte: autoria própria (2022).

3.3 EXECUÇÃO DA OBRA

Como descrito anteriormente, a residência já se encontrava em reforma quando o novo projeto elétrico foi proposto. Dessa maneira, fez-se possível acompanhar o início das construções relativas à instalação elétrica da residência e fazer registros com autorização do proprietário. Nas Figuras 8 e 9.a são apresentados os registros iniciais - cortes na alvenaria para passagem de eletrodutos, fixação de caixas de luz em PVC antichamas e passagem de cabos elétricos. Nas Figuras 9.b e 10 é possível observar com detalhes os pontos de tomada de corrente.

Figura 8 – Registros da obra: cortes na alvenaria para passagem de eletrodutos e fixação de caixas de luz em PV antichamas.



Fonte: autoria própria (2022).

Figura 9 – Registros da execução do projeto elétrico: a) Passagem de cabos elétricos por eletrodutos; b) Emendas de cabos e instalação de tomadas de corrente.



(a)



(b)

Fonte: autoria própria (2022).

Foi prezado o cuidado com as emendas para garantir continuidade adequada da corrente elétrica - isolamento com fita isolante. Foram considerados também pontos de espera para tomadas de sinal RJ45, como solicitado pelo proprietário. Apesar da recomendação de se utilizar cabos de cor azul claro para o neutro, foi feita uma substituição por outros de cor preta por questões logísticas, com tabela de cores registrada no painel do quadro de distribuição.

Figura 10 – Tomadas de corrente instaladas e pontos para tomada de sinal RJ45.



Fonte: autoria própria (2022).

Por último, a Figura 11 mostra a cozinha da residência com iluminação em LED, incluindo lâmpadas decorativas previstas na planta baixa.

Figura 11 – Cozinha da residência com pontos de utilização de energia elétrica instalados e iluminação em LED.



Fonte: autoria própria (2022).

Durante a execução, por escolha dos proprietários, dado o custo da obra até o momento, não foi instalado o circuito de uso específico 8 - aparelho de ar-condicionado do quarto 1. Não foi possível registrar o quadro de distribuição totalmente montado, bem como os equipamentos dos circuitos de uso específico - ar condicionado, chuveiro elétrico, micro-ondas e motor. Para esses, foram mantidas tomadas de corrente de 20 A - com exceção do chuveiro, considerando o item 9.5.2.3 da NBR 5410:2004 que proíbe esse tipo de instalação. Os pontos para instalação de tomadas de sinal RJ45 foram guardados com o uso de placas do tipo espelho cego, para futura instalação.

3.4 ANÁLISE DO PROJETO

Por meio de uma comparação rápida entre os dados coletados acerca da instalação antiga e o novo projeto elétrico, é possível notar um aumento considerável na potência total das cargas instaladas, principalmente considerando a adição de chuveiro elétrico e aparelhos de ar condicionado. É provável que, considerando o cenário anterior, cargas dessa natureza fossem suficientes para provocar sobrecargas nos condutores e/ou desligamento constante do único dispositivo de proteção anteriormente existente.

A nova instalação conta com dez circuitos terminais, alimentados por três fases distintas, após alteração da categoria de atendimento, com condutores e dispositivos de proteção devidamente dimensionados para as demandas previstas em cada ponto de utilização. Em caso de atuação de proteção em um circuito, conta-se com a continuidade do serviço de entrega de energia elétrica em diversas outras áreas da residência. Quaisquer futuras manutenções e/ou alterações desejadas poderão ser facilitadas, pois contarão com documentação e identificação de todos os pontos da instalação. Enfatiza-se, também, a utilização de materiais adequados – eletrodutos como principal exemplo.

Os diversos pontos de tomada, uniformemente distribuídos ao longo de cada cômodo, contam agora com condutores de proteção diretamente aterrados. Qualquer cenário com fuga de corrente, proveniente de defeitos em aparelhos ou até choques elétricos, poderá ser rapidamente interrompido com o dispositivo DR. Já considerando fatores externos, as chances de prejuízos ou acidentes causados por descargas atmosféricas propagadas pela rede elétrica foram reduzidas com o uso de DPS.

Todo o projeto teve foco direcionado ao atendimento das regras e recomendações das normas técnicas, e de quaisquer solicitações dos moradores. Dessa maneira, é esperado que a instalação possa ser utilizada com conforto, segurança e eficiência ao longo de uma extensa vida útil.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi avaliada a instalação elétrica de uma antiga residência na cidade de São Miguel - RN. À luz das normas brasileiras NBR 5410:2004 (ABNT) e DIS-NOR-030 (Neoenergia Cosern), foi realizado um diagnóstico acerca de inconformidades da estrutura. Diante dos pontos de observância, foi proposto um projeto elétrico a fim de atender os critérios e recomendações técnicas. Considerando uma reforma já em andamento, as propostas foram acatadas, se tornando possível o acompanhamento e registro de parte delas. Uma análise do projeto foi realizada com o objetivo de avaliar as melhorias realizadas em comparação com o cenário primário.

Alguns aspectos do projeto são passíveis de melhoria. Inicialmente, é possível considerar pontos de espera para circuitos de força de uso específicos: ar-condicionado nos quartos e chuveiro elétrico no WC 2 – o quadro de distribuição conta com espaços reserva; a iluminação das áreas de lazer, feita por refletor de LED atualmente, pode se tornar mais uniforme com a utilização de arandelas distribuídas ou lâmpadas dispostas no teto. Além disso, os moradores podem considerar a futura instalação de proteção contra descargas atmosféricas diretas (após estudo de viabilidade), bem como de geração fotovoltaica.

Os custos com a execução do projeto foram estimados em R\$: 6.726,22, considerando preços do mercado local. É esperado que os moradores da residência possam usufruir do fornecimento de energia elétrica com o máximo de segurança e conforto. Considerando também o atendimento integral às solicitações dos mesmos, foi possível aliar as diretrizes técnicas em foco com a estética visual solicitada.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (Brasil). NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (Brasil). NBR 5419-1: **Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (Brasil). NBR 5444: **Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- BRASIL. **Resolução Normativa ANEEL N° 1000, de 7 de dezembro de 2021**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.
- CONSTRUFIOS. **Informações e Tabelas Técnicas**. Disponível em: <http://www.construfios.com.br/area-tecnica/tabelastecnicas.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 14. ed. São Paulo: Érica, 2006
- DE SOUZA, Danielo Ferreira; AGUIAR, Walter; VIEIRA, Ygor Rodrigues dos Santos (Org.). **Como funciona o DR**. Abracopel, 2020. Disponível em: <https://abracopel.org/download/como-funciona-o-dr/>. Acesso em: 22 jul. 2022.
- ELETRICIDADE MODERNA. **Guia EM da NBR 5410**. São Paulo: Aranda, 2001.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020.
- GANDRA, Alana. **Venda de lâmpadas incandescentes está proibida no país a partir de hoje**. 2016. Agência Brasil. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-06/inmetro-inicia-fiscalizacao-no-varejo-de-lampadas-incandescentes-de-41-w-60-w>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- INTERNATIONAL MONETARY FUND. **World Economic Outlook Database**. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April/select-countries?grp=205&sg=All-countries/Emerging-market-and-developing-economies/Latin-America-and-the-Caribbean>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- MORENO, Hilton; COSTA, Paulo Fernandes. **Aterramento Elétrico**. São Paulo: Procobre, 2018.
- MARTINHO, Meire Biudes; MARTINHO, Edson; DE SOUZA, Danilo Ferreira (Org.). **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2022 ano base 2021**. Salto-SP: Abracopel, 2022. DOI: 10.29327/560614.
- NEOENERGIA COSERN. Brasil. DIS-NOR-030: **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais**. 2022.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Evolução da Capacidade Instalada no SIN - Junho2022/Dez2026**. 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 14 jul. 2022.

PRYSMIAN. **Guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão: de acordo com a nbr 5410**. Disponível em: https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_de_Dimensionamento-Baixa_Tensao_Rev9.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

SIMABUKULO, Lucas Antonio Nizuma; CORREA, Luiz Filipe da Silva; SANTOS, Manoel Messias Oliveira dos; MARTINS, Mariana. **Energia, Industrialização e Modernidade - História Social**. 2017. Disponível em: <https://eletromemoria.fflch.usp.br/content/energia-industrializacao-e-modernidade-historia-social-lucas-antonio-nizuma-simabukulo-luiz>. Acesso em: 14 jul. 2022.

SOUZA, Ronimack Trajano de. **Lição 6: Dimensionamento de condutores elétricos**. Campina Grande: UFCG, 2021. Color.

SOUZA, Ronimack Trajano de. **Lição 7: Dimensionamento da entrada de serviço e o quadro de distribuição de uma instalação residencial. Parte 2 – Dimensionamento dos DPS**. Campina Grande: UFCG, 2021. Color.

SOUZA, Ronimack Trajano de. **Guia Orientativo Projeto Elétrico Predial. Disciplina: instalações elétricas**. Campina Grande: UFCG, 2020.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Easy9**. Disponível em: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=6958_catalogo_easy9_210x297_w eb+%281%29.pdf&p_Doc_Ref=Catalogo+EZ9. Acesso em: 20 jul. 2022.