

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Victor Lopes Fensterseifer

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM PROJETO ELÉTRICO CONVENCIONAL E UM
PROJETO ELÉTRICO DE ALTO PADRÃO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA
OBRA

Porto Alegre
Janeiro 2024

VICTOR LOPES FENSTERSEIFER

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM PROJETO ELÉTRICO CONVENCIONAL E UM
PROJETO ELÉTRICO DE ALTO PADRÃO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA OBRA

Trabalho de Diplomação apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Igor Pasa Wiltuschnig

Coorientador: Maxwell Degen

Porto Alegre

Janeiro 2024

VICTOR LOPES FENSTERSEIFER

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM PROJETO ELÉTRICO CONVENCIONAL E UM PROJETO ELÉTRICO DE ALTO PADRÃO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA OBRA

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final para Professor Orientador e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, Janeiro de 2024.

Prof. Igor Pasa Wiltuschnig
Dr. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul
Orientador

Prof. Maxwell Degen
Msc. pela Universidade Federal do
Espírito Santo
Coorientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Igor Pasa Wiltuschnig
(UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Eng. Civil Maxwell Degen
Msc. pela Universidade Federal do Espírito
Santo

Prof. Fernando J. C. Magalhães
(UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Mato
Grosso do Sul

Eng. Civil Marcos Vinicius Barbosa Ribeiro
Engenheiro civil pela Universidade Federal do
Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Kely, e ao meu pai, Ney, que sempre batalharam muito para fornecer as condições necessárias para que eu chegasse até este momento, sempre serão meus heróis e serei eternamente grato.

Agradeço ao meu irmão, Arthur, por me instigar desde cedo a ser uma pessoa curiosa e me transmitir conhecimentos que me fizeram ser uma pessoa melhor.

Agradeço à Roberta, minha fonte de motivação inesgotável, e com quem quero dividir o restante da minha vida, por sempre acreditar em mim nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao César, amigo e companheiro inestimável, que compartilhou um lar tranquilo e confortável para que pudéssemos estudar e descansar para alçar vôos em nossas vidas.

Agradeço à todos os amigos que torceram por mim de alguma forma, em especial aos colegas de profissão com quem pude contar e dividir as árduas barreiras a serem superadas na faculdade.

Agradeço ao Professor Igor, por aceitar a orientação deste trabalho e por ser um excelente orientador, que sempre esteve disponível para auxiliar e esclarecer as dúvidas.

Agradeço à todos os colegas que fizeram parte da minha trajetória profissional, Maurício, Tiago, Daniel, André, Milena, Joice e Márcio, por todos os valiosos ensinamentos transmitidos e oportunidades.

RESUMO

Este trabalho versa sobre a comparação entre um projeto elétrico convencional e um projeto elétrico de alto padrão, para uma mesma residência, analisando-se, para cada situação, o consumo de materiais dos mesmos a fim de se obter um comparativo entre os respectivos orçamentos de obra. Para os diferentes projetos, são dimensionados os elementos do sistema elétrico com base na ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão, respeitando-se também o imposto no regulamento GED-13 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição, norma técnica da concessionária local. São apresentados, além das definições e características do sistema elétrico, os critérios para o dimensionamento dos elementos, os quais apresentam considerações relativas à critérios técnicos. Quadros e gráficos comparativos são dispostos ao longo do trabalho. Após a comparação dos resultados obtidos, é feita uma discussão sobre os mesmos, a partir das questões levantadas no trabalho. Finalmente, considera-se a variação no orçamento entre as duas obras, limitando-se ao escopo do projeto elétrico. Percebe-se, para as condições estudadas neste trabalho, uma diferença no custo total de 34,02% no comparativo entre os dois projetos analisados.

Palavras-chave: Dimensionamento. Orçamento. Instalações elétricas. Quantitativo de materiais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama das etapas de pesquisa	15
Figura 2: Módulo fotovoltaico.....	29
Figura 3: Inversor Fotovoltaico Residencial	30
Figura 4: Logo do software AltoQi Builder	33
Figura 5: Logo do software AltoQi Visus	33
Figura 6: Projeto 1 – Térreo	38
Figura 7: Região próxima ao QD1 Térreo.....	47
Figura 8: Diagrama Unifilar do QD1 Projeto 1	49
Figura 9: Planta baixa do Térreo Projeto 2.....	50
Figura 10: Ponto elétrico para carregador de carro elétrico	51
Figura 11: Interruptores paralelos na suíte 4	53
Figura 12: Arandela no lavabo do térreo	54
Figura 13: Ligação da campainha e acionador	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de linhas elétricas	19
Quadro 2: Número de condutores carregados a ser considerado em função do tipo de circuito	20
Quadro 3: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.....	21
Quadro 4: Seção mínima dos condutores ⁽¹⁾	22
Quadro 5: Seção mínima do condutor de proteção.....	23
Quadro 6: Quadro de cargas do Projeto 1.....	40
Quadro 7: Quadro de cargas do Projeto 1.....	40
Quadro 8: Quadro de cargas inversor do térreo.....	57
Quadro 9: Quadro de cargas Projeto 2.....	58
Quadro 10: Identificação dos fios.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espessuras de parede e diâmetros externos de eletrodutos de PVC rosqueáveis e de aço.....	24
Tabela 2: Quadro de áreas	34
Tabela 3: Quadro de áreas (conclusão).....	35
Tabela 4: Quadro de carga mínima de iluminação por ambiente	36
Tabela 5: Demanda para iluminação e tomadas residencial.....	41
Tabela 6: Fatores de demanda de chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos	42
Tabela 7: Demanda para secadora e roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno micro-ondas.....	43
Tabela 8: Fatores de demanda aplicados ao Projeto 1	44
Tabela 9: Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC.....	45
Tabela 10: Fatores de demanda aplicados ao Projeto 1	60
Tabela 11: Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC.....	61
Tabela 12: Quantitativo de cabos unipolares.....	64
Tabela 13: Quantitativo de cabos unipolares acumulados.....	65
Tabela 14: Quantitativo de eletrodutos.....	65
Tabela 15: Quantitativo de dispositivos de proteção.....	66
Tabela 16: Quantitativo de quadros de distribuição	68
Tabela 17: Quantidade de acessórios para eletrodutos.....	68
Tabela 18: Quantitativo de placas para revestimento das caixas PVC.....	69
Tabela 19: Quantitativo de dispositivos de comando.....	70
Tabela 20: Quantitativo de material para o sistema fotovoltaico	71
Tabela 21: Orçamento de cabos unipolares	72
Tabela 22: Orçamento de condutos	73
Tabela 23: Orçamento dos dispositivos de proteção	74
Tabela 24: Orçamento de quadros de distribuição	74
Tabela 25: Orçamento de acessórios para eletrodutos	75
Tabela 26: Orçamento para dispositivos elétricos.....	76
Tabela 27: Orçamento para dispositivos de comando.....	76
Tabela 28: Comparativo global	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRACOPEL - Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

BIM – Modelagem da Informação da Construção

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

DR – Dispositivo Diferencial Residual

FGV – Fundação Getúlio Vargas

IDR – Interruptor Diferencial Residual

INCC – Índice Nacional de Custo da Construção

NBR – Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

PVC – Policloreto de Vinila

RGE – Rio Grande Energia

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	12
2	DIRETRIZES DE PESQUISA	13
2.1	QUESTÃO DE PESQUISA	13
2.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	13
2.2.1	Objetivo Principal	14
2.2.2	Objetivo Secundário	14
2.3	PRESSUPOSTO	14
2.4	DELIMITAÇÕES.....	14
2.5	LIMITAÇÕES	14
2.6	DELINEAMENTO.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	O PROJETO ELÉTRICO	16
3.2	COMPONENTES DO PROJETO ELÉTRICO.....	17
3.2.1	Condutores	17
3.2.2	Condutos	23
3.2.3	Dispositivos de Proteção	25
3.2.3.1	Disjuntores	25
3.2.3.2	Dispositivo Diferencial Residual	26
3.2.4	ATERRAMENTO	27
3.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO	28
3.3.1	Módulo Fotovoltaico	28
3.3.2	Inversor	29
3.4	ORÇAMENTO	31
3.5	TABELA SINAPI.....	31
3.6	SOFTWARES	32
3.6.1	AltoQi Builder	32
3.6.2	AltoQi Visus	33

4	OBJETO DE ESTUDO	34
4.1	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	34
4.2	QUADRO DE ÁREAS.....	34
4.3	DEFINIÇÕES DE PROJETO.....	35
5	PROJETO 1	37
5.1	CIRCUITOS TERMINAIS	39
5.2	CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO.....	40
5.3	ELETRODUTOS.....	45
5.4	DISPOSTIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES E CHOQUES ELÉTRICOS	48
6	PROJETO 2	49
6.1	DIFERENÇAS ENTRE PROJETOS	51
6.1.1	Espera para Carregador Veicular	51
6.1.2	Espera para Piscina	51
6.1.3	Aquecedor para Ofurô	52
6.1.4	Ar Condicionado na Sala de Estar/Jantar	52
6.1.5	Cortineiros Elétricos	52
6.1.6	Interruptores Paralelos Nos Corredores E Quartos	52
6.1.7	Iluminação Externa	54
6.1.8	Arandelas nos Banheiros	54
6.1.9	Campainha	55
6.1.10	DRs por Agrupamento	56
6.1.11	Infraestrutura para Rede Lógica	56
6.1.12	Sistema Fotovoltaico	57
6.2	CIRCUITOS TERMINAIS	58
6.3	CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO.....	59
7	COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS	62
7.1	CABOS UNIPOLARES	63
7.2	ELETRODUTO PVC	65

7.3	DISJUNTORES E DISPOSITIVOS DR.....	66
7.4	QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	67
7.5	ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS.....	68
7.6	ACESSÓRIOS PARA PONTOS TERMINAIS	69
7.7	DISPOSITIVOS DE COMANDO	70
7.8	ELEMENTOS PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	70
8	COMPARATIVO ENTRE ORÇAMENTOS.....	71
8.1	CONDUTORES ELÉTRICOS.....	72
8.2	CONDUTOS	72
8.3	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	73
8.4	QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	74
8.5	ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS.....	75
8.6	ACESSÓRIOS PARA TERMINAIS	75
8.7	DISPOSITIVOS DE COMANDO	76
9	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	77
10	CONCLUSÕES E ADENDOS	78
10.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
10.2	ADENDOS	78
10.3	TRABALHOS FUTUROS.....	79
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A – Projeto 1.....	82
	ANEXO B – Projeto 2.....	83

1 INTRODUÇÃO

A construção civil possui elevada importância para a economia do país, representando, conforme dados divulgados pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 3,3% da participação do PIB nacional no ano de 2020. Ao mesmo tempo, os custos para a construção civil crescem em ritmo acelerado, tornando de suma importância as análises referentes aos aspectos que podem ter influência no custo das obras. O INCC-DI acumulado, índice que avalia a evolução dos custos na construção civil, foi de 3,10% em outubro de 2023, segundo FGV (2023). Nesse contexto, faz-se necessário entender os impactos no custo de uma obra causados por alterações no projeto elétrico da mesma, considerando diferentes padrões de projeto.

Neste trabalho, foram estudadas duas variações de um projeto elétrico para uma mesma residência unifamiliar, situada hipoteticamente em Santa Cruz do Sul (RS), sob regimento da concessionária RGE/CPFL Energia. Define-se como Projeto 1 a primeira variação a ser estudada, que tem como premissa básica atender tão somente o mínimo exigido pelas respectivas normas aplicáveis. Define-se, também, como Projeto 2 a segunda variação a ser contemplada neste estudo, adicionando inúmeras melhorias no sistema elétrico, como a troca de interruptores simples por interruptores do tipo *Three Way*, adição de pontos elétricos e equipamentos não contemplados no mínimo exigido por norma, bem como alteração nos componentes internos dos quadros, como disjuntores, fiação elétrica, IDRs, entre outros, os quais serão detalhados no desenvolver deste estudo.

Os cálculos e o dimensionamento dos projetos foram realizados seguindo o disposto na ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão, exceto o que diz respeito ao dimensionamento da alimentação predial, a qual foi dimensionada utilizando as diretrizes da concessionária local, através do GED-13 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição.

Os resultados obtidos foram dispostos em forma de quadros e gráficos, a fim de explicitar as diferenças entre os dois, e fazer com que, ao consultar ao material, o leitor consiga encontrar os dados referentes às características apresentadas e, com isso, saber qual a variação do custo da obra em função das diferenças supracitadas.

1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Após esta introdução, o segundo capítulo apresenta o método de pesquisa do trabalho, incluindo o objeto de estudo, os objetivos, *softwares* e ferramentas utilizadas, pressupostos,

limitações e delimitações, bem como o delineamento que orienta este trabalho. No terceiro capítulo, é feita a revisão bibliográfica dos itens abordados neste estudo.

No quarto capítulo é apresentado o objeto de estudo deste trabalho, apresentando o projeto e as suas definições. O quinto capítulo contempla o primeiro projeto a ser apresentado, enquanto o sexto capítulo apresenta o Projeto 2 e as diferenças entre eles, abordando aspectos do dimensionamento e atribuições de projeto.

O sétimo capítulo apresenta o levantamento de quantitativos e a compatibilização entre as peças. Também são apresentadas, nesse capítulo, os quadros comparativos entre as quantidades levantadas de cada material necessário para a execução da obra.

O oitavo capítulo mostra os critérios e ferramentas utilizadas para a orçamentação das obras, contemplando o escopo dos materiais, mão de obra e, também, questões técnicas como o BDI.

Assim, o capítulo final explicita, por meio de tabelas e quadros, a variação no custo para a execução da obra de instalações elétricas, em uma residência unifamiliar, em função da transformação de um projeto elétrico convencional que atende apenas o mínimo exigido pela NBR 5410/2004, para um projeto que contempla aspectos inovadores no mercado da energia elétrica e equipamentos mais potentes, visando um maior conforto na utilização do imóvel.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

Neste capítulo, são apresentados tópicos referentes aos métodos utilizados para a elaboração do trabalho, como a questão de pesquisa, os objetivos do trabalho, pressuposto, limitações e delimitações e o delineamento.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: Qual a variação, em termos percentuais, do orçamento de uma obra, de acordo com o padrão do projeto elétrico para a residência em questão?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho são classificados como principal e secundários, e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho consiste na determinação de um valor percentual para a variação entre o orçamento de uma obra levando em consideração apenas a influência de modificações feitas no seu projeto elétrico.

2.2.2 Objetivo Secundário

O objetivo secundário do trabalho é a obtenção de uma tabela que compare os materiais utilizados em cada projeto e respectivas quantidades.

2.3 PRESSUPOSTO

Admite-se como pressuposto deste trabalho que possíveis imprecisões gerados pelo *software* Alto QiBuilder 2023-08 no dimensionamento; bem como nos quantitativos e orçamentos gerados pelo *software* Alto QiVisus 2023-08 para cada projeto são constantes e modificam de forma proporcional os resultados obtidos.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo do dimensionamento e orçamento de apenas dois projetos elétricos para uma edificação urbana específica. Não será abordado no estudo o projeto de lógica, bem como o projeto de proteção contra descargas atmosféricas.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações deste trabalho:

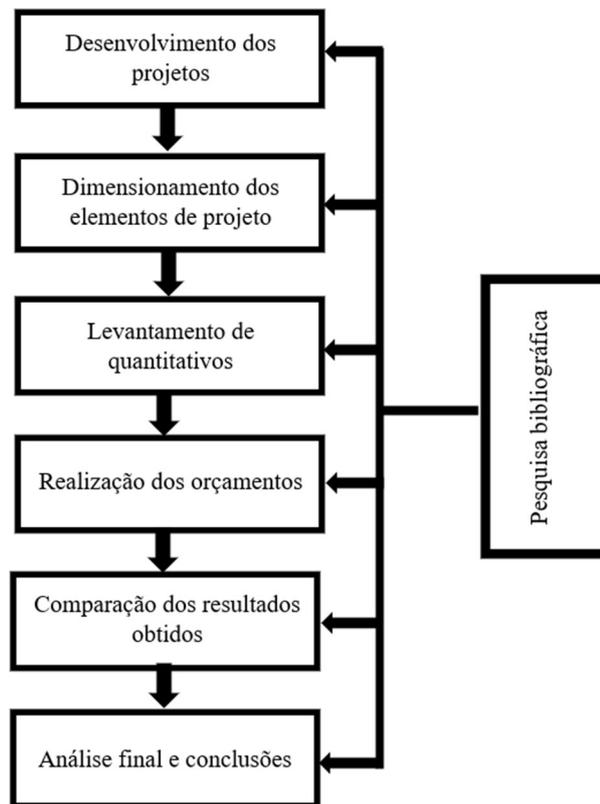
- a) Os projetos elétricos têm como limite superior 75kW para que possam ser de responsabilidade do engenheiro civil;
- b) Não são contemplados no orçamento os equipamentos elétricos, apenas a infraestrutura;
- c) Foi analisada apenas a metodologia de orçamentação através do SINAPI.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas abaixo apresentadas, as quais são apresentadas na Figura 1 e descritas nos parágrafos seguintes.

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Desenvolvimento dos projetos;
- c) Dimensionamentos dos elementos de projeto;
- d) Levantamento de quantitativos;
- e) Realização dos orçamentos;
- f) Comparação dos resultados obtidos;
- g) Análise final e conclusões.

Figura 1: Diagrama das etapas de pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor

A pesquisa bibliográfica estendeu-se durante todas as etapas do trabalho, sendo direcionada para todos os elementos necessários para a elaboração e dimensionamento de um projeto elétrico residencial, tendo como objetivo o embasamento teórico de todas as etapas

subsequentes. Por se tratar de uma etapa contínua, ocorreu em paralelo até o final do desenvolvimento da pesquisa.

Em um segundo momento, foram desenvolvidos os projetos que foram objetos de estudo e análise central deste trabalho, assim como foram realizados os dimensionamentos necessários para a contemplação das questões técnicas.

Após a finalização da etapa anterior, deu-se início à etapa de levantamento de quantitativos e orçamentação. Essa fase foi baseada no dimensionamento realizado anteriormente, utilizando tabelas de orçamentação públicas fornecidas por órgãos do Governo Federal.

A fase final do trabalho foi a comparação dos resultados obtidos nas etapas anteriores, que auxiliadas de gráficos e tabelas, são apresentadas fornecendo considerações importantes e conclusões.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O PROJETO ELÉTRICO

O projeto elétrico é um conjunto de informações técnicas e diagramas que tem por objetivo final garantir a transferência de energia da rede de distribuição até os pontos de utilização. O dimensionamento e o cuidado adequado com o projeto e a instalação elétrica na obra evita sobrecargas do sistema e danos ao usuário, como choques e incêndios.

Segundo Lima Filho (2011, p. 21), para projetar uma instalação elétrica em um edifício é necessário:

- a) Quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- b) Dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- c) Dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de mediação de energia elétrica e demais acessórios.

A norma que regulamenta as instalações de baixa tensão é a NBR 5410 da ABNT, que também estabelece a tensão limite de 1000 volts para a corrente alternada, e 1500 volts para a corrente contínua. Além disso, também estabelece frequência máxima de aplicação de 400Hz.

Por decreto governamental, foi estabelecido que toda a energia gerada para atender o sistema elétrico brasileiro deve ser trifásica, alternada e com frequência física de 60 ciclos/segundo (CREDER, 2016).

Além dessa e de outras normas aplicáveis, como a NBR-5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas e NBR-8995 – Iluminação em ambientes de trabalho, o projetista

também deve considerar todo o proposto nas normas técnicas da concessionária local. Conforme será explicado em maiores detalhes no próximo capítulo, pelo fato da residência que é objeto de estudo ter localização no município de Santa Cruz, no Rio Grande do Sul, a concessionária da cidade é a RGE, do grupo CPFL Energia. A norma técnica aplicável para o caso deste estudo chama-se GED-13 - Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição, versão 2.29, publicada em 04 de maio de 2023.

A GED-13 (2023, p.10) explicita que: “Este documento aplica-se às instalações consumidoras residenciais, comerciais e industriais, de características usuais com carga instalada até 75 kW, a serem ligadas nas redes aéreas secundárias de distribuição urbana [...]”.

3.2 COMPONENTES DO PROJETO ELÉTRICO

Componente é o termo utilizado para se referir aos elementos de uma instalação elétrica que, conforme o contexto, podem abranger materiais, acessórios, dispositivos, instrumentos, equipamentos (sejam eles de geração, conversão, transformação, transmissão, armazenamento, distribuição ou até utilidade de eletricidade, além de máquinas, conjuntos ou mesmo segmentos ou partes da instalação, exemplificados pelas linhas elétricas (NBR 5410, 2004).

3.2.1 Condutores

Todo material que possuir a propriedade de conduzir energia elétrica ou de transmitir sinais elétricos é classificado como condutor elétrico. Os condutores exigem um dimensionamento adequado, para que as exigências estabelecidas sejam atendidas, definindo, assim, sua seção mínima, assegurando-se que suportem as condições de uso, como a temperatura de operação, queda de tensão, capacidade de proteção contra sobrecargas e, por fim, condução da corrente de curto-circuito (BENVEGNÚ, 2018).

Ao submeter um material à uma diferença de potencial, cria-se uma corrente elétrica entre os dois terminais, dado pelo movimento das cargas livres no interior do material. Na construção civil, são utilizados condutores de baixa resistividade elétrica de forma que, dentre todos os materiais possíveis e economicamente viáveis, ofereçam pouca dificuldade na passagem da corrente elétrica, em especial, o fio de cobre.

Existem relações entre a resistividade do material e as características do condutor, por exemplo, quanto maior a área da seção transversal, menor será a resistência do condutor. Também, quanto maior o comprimento do condutor, maior será sua resistência, resultando numa maior perda de energia, caracterizada pela queda de tensão. Conforme explicitado no

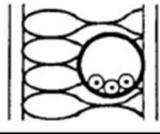
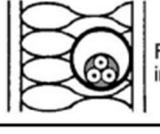
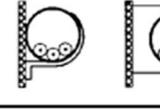
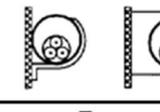
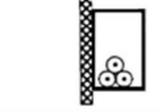
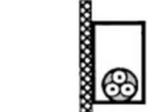
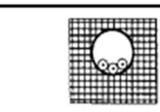
item 2.5 deste trabalho, a análise das quedas de tensão não será contemplada no escopo deste estudo, entretanto, é componente importante para o dimensionamento do sistema elétrico.

Para que a instalação tenha funcionalidade, qualidade, durabilidade e segurança asseguradas, não basta apenas que o condutor seja de um material condutor com baixa resistividade elétrica, o condutor deve ser isolado. A função da isolação é confinar a corrente elétrica em seu interior, eliminando os riscos de choques elétricos e curtos-circuitos. As isolações de fios e cabos de baixa tensão (entre 650 V e 1000 V) são constituídas por materiais sólidos termoplásticos, como o PVC, ou termofixos, como o EPR ou XLPE. Conforme Lima Filho (2011, p. 122) “Em geral, utilizam-se condutores com isolação de PVC em instalações prediais convencionais”, o qual será adotado posteriormente no presente trabalho.

O quadro 1 traz diversos métodos de instalação de condutores. Esses métodos influenciam diretamente na capacidade de troca térmica entre o ambiente e os próprios condutores, ou seja, o método adotado para cada trecho influenciará diretamente no seu dimensionamento.

Considerando, assim, o quadro 1 e destacando o que foi dito por Lima Filho (2011, p. 123) “[..] o Método de instalação número 7, correspondente ao Método de Referência B1, representa “Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto embutido em alvenaria”. Esta é a maneira mais usual de instalar em edifícios residenciais de uso coletivo”.

Quadro 1: Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	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
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

Fonte: Tabela 33 da NBT-5410 (ABNT, 2004).

A corrente nominal de um circuito pode ser definida através da seguinte equação:

$$I_p = \frac{P_n}{v * \cos\varphi * \eta}$$

Onde:

I_p : Corrente de projeto do circuito, em ampéres (A);

P_n : Potência nominal do circuito, em watts (W);

v : Tensão entre fase e neutro, em volts (V);

$\cos\varphi$: Fator de potência;

η : Rendimento.

“Para circuitos monofásicos puramente resistivos, compostos apenas de lâmpadas incandescentes e resistências, por exemplo, temos $\eta=1$ e $\cos\varphi=1$, daí $I_p= Pn/v$ ” (LIMA FILHO, 2011, p. 128).

A NBR 5410 (ABNT, 2004) traz que “O número de condutores carregados a ser considerado é aquele indicado na tabela 46, de acordo com o esquema de condutores vivos do circuito”, sendo a tabela 46 representada a seguir pelo quadro 2:

Quadro 2: Número de condutores carregados a ser considerado em função do tipo de circuito

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4 ¹⁾
¹⁾ Ver 6.2.5.6.1.	

Fonte: Tabela 46 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Após ter definido todos os itens acima, a norma em questão traz uma série de tabelas para o dimensionamento dos condutores do projeto. Neste trabalho, por meio do quadro 3 foi utilizada a tabela 36: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D para condutores de cobre e alumínio com isolamento em PVC.

Quadro 3: Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Seções nominiais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

Fonte: Tabela 36 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

A norma ainda traz alguns fatores de correção a serem aplicados, de forma a adequar cada caso específico para as condições tabeladas. Dentre elas, temos o fator de correção de temperatura, aplicável para temperaturas ambientes diferentes de 30 °C; o fator de correção de agrupamento, aplicável quando se tem mais de um circuito elétrico passando pelo mesmo eletroduto; e também o fator de correção devido à resistividade térmica do solo FCR, para linhas subterrâneas.

Ao aplicar as correções, encontra-se o valor para a Corrente Corrigida ($I'p$) para cada circuito, e deve-se retornar ao quadro anterior para verificar se o dimensionamento permanece atendendo aos critérios estabelecidos na tabela.

Embora os cabos de cobre sejam um excelente material para os condutores, ainda assim têm um valor não nulo de resistência elétrica, por isso, ocorrem pequenas perdas de tensão no condutor. De acordo com Lima Filho (2011, p. 144):

Os efeitos de uma queda de tensão acentuada nos circuitos alimentadores e terminais de uma instalação levam os equipamentos a receber, em seus terminais, uma tensão inferior aos valores nominais. Isso é prejudicial ao desempenho dos equipamentos que, além de não funcionarem satisfatoriamente (redução de iluminância em circuitos de iluminação, redução de torque ou impossibilidade de partida de motores etc.), podem ter a vida útil reduzida).

Conforme a ABNT, em instalações atendidas por rede de baixa tensão, o limite máximo para queda de tensão no ponto de uso deve ser 5% em relação ao ponto de entrega da concessionária, uma vez que a queda de tensão reduz de forma quadrática a potência.

A NBR 5410 ainda define valores mínimos para as seções dos condutores nas diferentes utilizações dos circuitos. Os limites estão descritos no quadro 4, disposto a seguir:

Quadro 4: Seção mínima dos condutores⁽¹⁾

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
	Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾	
	Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu	
¹⁾ Seções mínimas ditadas por razões mecânicas ²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força. ³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm ² . ⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm ² .			

Fonte: Tabela 47 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

Ainda, a norma estabelece que o condutor neutro, quando existir, deve possuir a mesma seção dos condutores fase. Nos circuitos terminais, o condutor de proteção liga as massas dos equipamentos ao respectivo quadro de distribuição. A norma apresenta, também, o quadro 4 que define a seção do condutor de proteção:

Quadro 5: Seção mínima do condutor de proteção

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

Fonte: Tabela 58 da NBR 5410 (ABNT, 2004).

Para os condutores de alimentação, estão definidos nas normas da concessionária fornecedora de energia elétrica, de acordo com o padrão do fornecimento. No caso deste trabalho, será abordado na seção que versa a respeito do dimensionamento dos condutores da entrada de serviço, conforme GED-13.

3.2.2 Condutos

Os eletrodutos são os elementos que funcionam como proteção para os condutores elétricos contra influências externas, como choques mecânicos e agentes químicos. Além de proteger a fiação elétrica, ainda fornecem uma proteção contra os incêndios resultantes de superaquecimentos da própria fiação ou curtos-circuitos.

“O eletroduto de PVC rígido roscável é o tipo mais utilizado em instalações prediais, embutidos em paredes, lajes de concreto ou enterrados no solo” (LIMA FILHO, 2011, p. 162). Por este motivo, foi o material adotado para o desenvolvimento e dimensionamento dos projetos.

Os eletrodutos devem ser dimensionados e escolhidos de forma que permitam a instalação e manutenção dos condutores em seu interior, bem como de seus acessórios. A norma estabelece taxas de ocupações máximas, em relação a área de sua seção transversal, no que segue:

- a) Não superior a 53% para o caso de um condutor ou cabo, não superior a 31% no caso de dois condutores ou cabos e não superior a 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

O dimensionamento dos eletrodutos deve respeitar aos limites acima estabelecidos. Para isso, basta saber quantos condutores ocuparão o eletroduto em questão, e suas respectivas seções nominais. Segundo Hélio Creder, temos que:

Área útil do eletroduto é dada por:

$$A_{ele} = \frac{\pi D_i^2}{4}$$

E considerando que:

ΣA_{cond} = Somatório das áreas externas dos condutores a serem instalados

Então, o diâmetro interno do eletroduto pode ser determinado pela equação:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 * \Sigma A_{cond}}{f * \pi}}$$

Sendo:

$f = 0,53$ no caso de um condutor;

$f = 0,31$ no caso de dois condutores;

$f = 0,40$ no caso de três ou mais condutores.

Para a conversão desses diâmetros calculados para diâmetros comerciais, o GED-13 traz, na tabela 1, espessuras de parede e diâmetros externos de eletrodutos de PVC rosqueáveis e de aço, conforme segue:

Tabela 1: Espessuras de parede e diâmetros externos de eletrodutos de PVC rosqueáveis e de aço

Diâmetro Nominal (mm)	PVC rosqueável		Diâmetro Externo (mm)	Aço classe leve		
	Classe A	Classe B		Tamanho Nominal (mm)	Espessura Da parede (mm)	Diâmetro Externo (mm)
20	2,5	1,8	21,1 ± 0,3	15	1,50	20,0 + 0,4 - 0,0
25	2,6	2,3	26,2 ± 0,3	20	1,50	25,2 + 0,4 - 0,0
32	3,2	2,7	33,2 ± 0,3	25	1,50	31,5 + 0,4 - 0,0
40	3,6	2,9	42,2 ± 0,3	32	2,00	40,5 + 0,5 - 0,0
50	4,0	3,0	47,8 ± 0,4	40	2,25	46,6 + 0,5 - 0,0
60	4,6	3,1	59,4 ± 0,4	50	2,25	58,4 + 0,6 - 0,0
75	5,5	3,8	75,1 ± 0,4	65	2,65	74,1 + 0,8 - 0,0
85	6,2	4,0	88,0 ± 0,4	80	2,65	86,8 + 0,8 - 0,0

Nota: Estes dados foram transcritos das Normas Brasileiras NBR 15465 (PVC) e NBR 5624 (AÇO).

Fonte: Tabela 17 da GED-13 (CPFL Energia, 2023).

Ainda, sempre que for necessário segmentar a tubulação, a NBR 5410 prevê a utilização de caixas de derivação. Além disso, a norma estabelece no item 6.2.11.1.10 que:

A localização das caixas deve ser de modo a garantir que elas sejam facilmente acessíveis. Elas devem ser providas de tampas ou, caso alojem interruptores, tomadas de corrente e congêneres, fechadas com os espelhos que completam a instalação desses dispositivos. As caixas de saída para alimentação de equipamentos podem ser fechadas com as placas destinadas à fixação desses equipamentos. (NBR 5410, 2004, p. 121).

3.2.3 Dispositivos de Proteção

Garantir o bom funcionamento do sistema em quaisquer condições de operação, tendo em vista a proteção das pessoas, dos equipamentos e da rede elétrica contra acidentes provenientes por alteração de correntes (sobrecorrentes, curto-circuito, corrente diferencial residual ou surtos de tensão) é fundamental em instalações elétricas residenciais, comerciais ou industriais (CREDER, 2016, p. 124). Em função disso, existem alguns dispositivos cuja função principal é a proteção do sistema e seus usuários.

3.2.3.1 Disjuntores

Os disjuntores termomagnéticos são dispositivos de proteção que atuam nos circuitos elétricos, desligando automaticamente em caso de curto-circuito ou de sobrecarga. As principais causas de incêndios de origem elétrica em residências no país no ano de 2020 estiveram relacionadas ao mau funcionamento dos dispositivos de proteção, segundo Abracopel (2021).

A proteção contra curto-circuito é feita através de uma bobina, que funciona como um eletroímã. Ao ocorrer um curto-circuito, a corrente elétrica eleva-se de forma a gerar um campo eletromagnético forte o suficiente para acionar os mecanismos de desligamento dos contatos internos do dispositivo de forma rápida.

A proteção contra a sobrecarga é feita através de uma placa, composta por dois metais com coeficientes de dilatação distintos. À medida que a corrente esquenta a placa bimetálica a partir de um limite, a mesma começa a dilatar-se numa direção preferencial em função da diferença dos materiais, acionando o dispositivo de desligamento dos contatos de forma lenta. Este aquecimento nos metais ocorre através do efeito Joule, fenômeno físico que consiste na conversão de energia elétrica em calor, que ocorre quando um material, neste caso o condutor elétrico, é atravessado por uma corrente elétrica.

Os disjuntores são classificados em função do número de polos do circuito em questão, de forma que, em circuitos monofásicos, utiliza-se disjuntores monopolares. Em circuitos

bifásicos, disjuntores bipolares e em circuitos trifásicos, disjuntores tripolares. Além disso, podem ser classificados em disjuntores abertos ou disjuntores em caixa moldada para instalações em baixa tensão.

Segunda a NBR 5410/2004, esses dispositivos de proteção devem interromper toda a corrente de sobrecarga, de forma a prevenir que um superaquecimento nos condutores seja danoso às ligações, aos terminais ou à própria isolação do sistema.

A norma ainda estabelece duas condições que devem ser satisfeitas para o correto dimensionamento para a proteção contra sobrecargas, sendo elas

$$a) I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$b) I_2 \leq 1,45 * I_z$$

Sendo:

I_b = Corrente nominal do circuito;

I_z = Capacidade de condução dos condutores;

I_n = Corrente nominal do dispositivo de proteção;

I_2 = Corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção.

Ou seja, para o correto dimensionamento de um disjuntor para a proteção contra as sobrecargas, deve-se garantir que a corrente nominal desse dispositivo seja maior do que a corrente nominal do circuito terminal com o qual está associado; ao mesmo do tempo que deve ser menor do que a capacidade de condução dos condutores, para que não haja prejuízo ao sistema elétrico.

Ainda, a norma prevê a obrigatoriedade de dispositivos que interrompam as correntes de curto-circuito antes que danos sejam causados às instalações. Para isso, o disjuntor deve ter capacidade de ruptura maior do que a corrente de curto-circuito presumida para aquele circuito. Para fins deste trabalho, foram atribuídas as seguintes características quanto à capacidade de ruptura dos dispositivos de proteção, enquanto que para os circuitos terminais, adotou-se o valor de 3 kA. Para circuitos de alimentação dos quadros, adotou-se 10 kA.

3.2.3.2 Dispositivo Diferencial Residual

O dispositivo diferencial residual (DR) tem como principal objetivo identificar fugas de energia, ocasionados por fios desencapados, má instalação de equipamento e até mesmo choques elétricos. Sua principal função é a proteção das pessoas contra os efeitos do choque elétrico.

A NBR 5410 estabelece a obrigatoriedade do uso de DRs, através do item 5.1.3.2.2 em certos casos, sendo eles:

- a) Circuitos que sirvam a pontos de uso, que estão em locais que tenham banheira ou chuveiro;
- b) Circuitos que alimentam tomadas que estão em áreas externas a uma edificação;
- c) Circuitos de tomadas de corrente situados em áreas internas que possam alimentar equipamentos no exterior;
- d) Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens. (NBR 5410, 2004, p. 49).

Ou seja, percebe-se a necessidade da utilização desse dispositivo em áreas com pontos de utilização expostos a água e umidade.

3.2.4 ATERRAMENTO

Conforme a NBR 5410, qualquer tipo de instalação elétrica predial deve possuir um sistema de aterramento. Existem dois tipos de aterramento, sendo o aterramento funcional e o aterramento de proteção. O aterramento funcional, segundo Lima Filho (2011, p. 196), “Consiste na ligação à Terra de um dos condutores da instalação, o condutor neutro, assim denominado porque o seu potencial elétrico é (teoricamente) nulo em relação ao potencial da Terra, considerado zero”.

No item 6.1.5.3.1, a NBR 5410 recomenda que para a identificação do condutor Neutro, representado pela letra N, seja utilizado a cor azul. Além disso, a norma prevê que o condutor neutro deve ter seção igual à seção dos condutores fase do respectivo circuito.

O aterramento de proteção é a ligação das massas à Terra, garantindo a proteção contra contatos indiretos. A NBR 5410 (2004, p. 86) define no item 6.1.5.3.2 que:

Qualquer condutor isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a dupla coloração verde-amarela ou a cor verde (cores exclusivas da função de proteção), na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

A norma regulamentadora na concessionária local, através do GED-13 (2023, p. 28), prevê que “A entrada consumidora deverá possuir um ponto de aterramento destinado ao condutor neutro do ramal de entrada e da caixa de medição quando for metálica”.

3.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico é uma composição de elementos que captam a energia solar e a convertem em eletricidade. Esses sistemas são compostos por painéis fotovoltaicos, que são responsáveis por captar a luz solar e convertê-la em energia elétrica. Assim, por meio de inversores, capazes de converter a energia elétrica de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), uma vez que esta é a forma de energia utilizada na rede elétrica. (ALVES, 2019).

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através da resolução normativa 482/2012, permitiu a utilização da geração própria de energia através de fontes renováveis. Atualmente, o conjunto de normas que rege esse sistema é dado por:

- NBR 10899 - Energia solar fotovoltaica — Terminologia;
- NBR 16274 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho;
- NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição (2013);
- NBR 16150 - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade (2013);
- Resolução Normativa Nº 482 da ANEEL (Agência Nacional De Energia Elétrica) aprovada em 17 de abril de 2012.

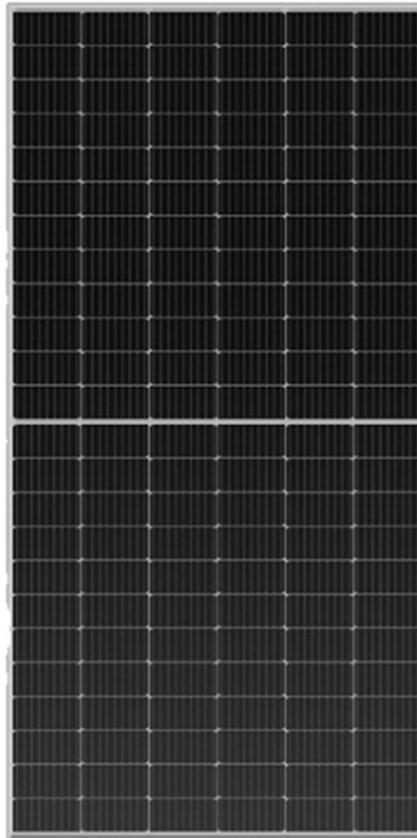
3.3.1 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é composto por 36 a 72 células fotovoltaicas associadas em série, normalmente produzidas de silício, material semicondutor que, ao ser associado com substâncias como o fósforo e o boro, geram um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de corrente elétrica. Essa associação, em exposição aos fótons emitidos pela luz solar, excita os elétrons criando uma corrente elétrica.

A eficiência de um módulo fotovoltaico é a razão entre a energia elétrica nos terminais e a radiação solar que atinge a superfície do módulo. Existem três principais tipos de módulos no mercado, e suas eficiências variam entre si. O mais eficiente entre eles é o módulo de silicone monocristalino, no qual as suas células consistem de cristais monocristalinos de silício orientados para um mesmo sentido. A sua eficiência é em torno de 20%.

O segundo tipo de módulo fotovoltaico é uma associação entre cristais de silício orientados de forma não ordenadas, tendo eficiência em torno de 17%. Existe também os módulos de tela fina, com eficiência menor que os outros.

Figura 2: Módulo fotovoltaico



Fonte: Website WEG¹

3.3.2 Inversor

A geração de energia nos painéis fotovoltaicos ocorre na forma de corrente contínua (CC). Considerando que muitos dispositivos elétricos e eletrônicos operam com corrente alternada (CA), é necessário converter essa corrente contínua para possibilitar o uso e a eventual injeção do excedente no uso da concessionária. O inversor desempenha um papel crucial nesse processo, identificando a energia gerada pelos painéis e transformando-a em uma forma compatível com a tensão, fase e frequência da rede de distribuição (HAAS, 2020).

¹Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/M%C3%B3dulos-e-Inversores-Fotovoltaicos/M%C3%B3dulos-Fotovoltaicos-WPV/c/BR_WDC_SOLAR_MODULES_WPV_HMM?h=94ea6c73>. Acesso em: 12 de out. 2023.

Segundo Jäger *et al*² (2014 *apud* KONRAD, 2021, p. 41), para as aplicações de potência inferior a 5 kW, a orientação é preferir inversores monofásicos. É importante salientar que a escolha do inversor influencia significativamente no desempenho, na confiabilidade e no custo do sistema fotovoltaico e, em geral, corresponde a cerca de 10% do custo total de um sistema fotovoltaico.

Figura 3: Inversor Fotovoltaico Residencial



Fonte: Catálogo Growatt

“Em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, é necessário fazer-se o aterramento de Proteção dos equipamentos (conexão da carcaça condutora ao terra) e o aterramento funcional do sistema (conexão do circuito elétrico ao terra, através do condutor neutro, no lado CA). O aterramento do lado CC depende da tecnologia de módulo ou de inversor utilizada. As tecnologias de filme fino devem ter uma das polaridades aterradas, já as de silício cristalino, em geral, ficam em flutuação; normalmente inversores sem transformadores não podem ser aterrados. A regra geral é que se deve sempre consultar o manual do equipamento para verificar o procedimento recomendado pelo fabricante” (RUTHER; URBANETZ JUNIOR, 2012 *apud* BROD, 2021, p. 41).

²JÄGER, Klaus Jäger et al. Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems. [S. l.: s. n.], 2014.

3.4 ORÇAMENTO

Um orçamento para uma obra de construção civil pode ser definido como o levantamento completo de todos os serviços e materiais que serão necessários para a execução de determinado projeto, bem como seus respectivos preços unitários e o preço global. Um orçamento geralmente é detalhado em uma planilha, constando a descrição do serviço ou produto, a unidade de medida utilizada, quantidades, composição dos preços de material e mão de obra, bem como o preço total discriminado e o global (COÊLHO, 2001).

Limmer (1997, p. 89) afirma, em sua obra Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras que toda estimativa orçamentária é afetada por erro, sendo esse tanto menor quanto melhor a qualidade da informação disponível na sua elaboração. Os programas computacionais para a realização dos orçamentos de obras vêm resultando no aperfeiçoamento e precisão dos trabalhos profissionais, possibilitando tomadas de decisões com precisão e segurança (COÊLHO, 2001). Em decorrência disso, neste trabalho, foram adotados softwares modernos para a realização do projeto em BIM, bem como da integração das informações geradas com a tabela SINAPI.

3.5 TABELA SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é um índice desenvolvido e atualizado pela Caixa Econômica Federal (CEF), em conjunto com o IBGE. Essa tabela contempla os custos dos principais insumos da construção civil, funcionando como um guia para construtoras no que diz respeito ao orçamento de suas obras.

Conforme disposto nas Referências de preços e custos da página do SINAPI:

Os Relatórios de Insumos e Composições estão disponíveis por Unidade da Federação a partir do Sumário de Publicações. Os relatórios abrangem insumos (materiais, mão de obra e equipamentos) e composições, que representam os serviços mais frequentes em obras que utilizam recursos da União. (Website da Caixa Econômica Federal, página SINAPI)³.

A atualização dos preços da tabela é feita com uma frequência mensal, de forma que o IBGE é responsável pela quantidade, qualidade e consistência dos dados coletados. A coleta é feita, principalmente, nas capitais de cada estado, mas podem ser feitas em cidades do interior, consultando lojas, distribuidores, fabricantes e empresas que prestam serviços relacionados à construção civil. A CEF, por sua vez, é responsável por compilar os dados e gerar as

³Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 24 de out. 2023.

composições disponíveis nas tabelas SINAPI, utilizadas de referências para obras em todo território da União.

3.6 SOFTWARES

O termo sistema BIM (*Building Information Modeling*) é uma inovação proveniente de avanços tecnológicos que possibilitou, através do poder computacional, a união de diversas informações e atributos de projeto de uma edificação.

Um projeto desenvolvido em BIM é muito mais preciso, rico de informações e detalhado do que um projeto convencional em 2D. O BIM não é um *software*, é um conceito de elaboração de projetos, e pode ser dividido nas seguintes classificações:

- a) BIM 3D: Permite com que o projeto seja visualizado de forma espacial, possibilitando que compatibilizações sejam feitas no instante do projeto, evitando prejuízos futuros na obra. Além disso, o BIM neste nível, já oferece interoperabilidade e colaboração entre os diferentes projetistas envolvidos em cada empreendimento, integrando desde arquitetos, engenheiros e fornecedores de materiais.
- b) BIM 4D: Este nível permite adicionar a dimensão “tempo” no projeto, possibilitando a análise no que diz respeito ao planejamento da construção.
- c) BIM 5D: Esta dimensão permite que sejam extraídas informações precisas a respeito do custo da construção. Esses cálculos são feitos com base em dados e informações associadas, dentro de um software específico, com o modelo gráfico gerado.

Além dessas, existem outras duas dimensões atualmente, chamadas de BIM 6D e BIM 7D, sendo, respectivamente, a respeito de sustentabilidade e manutenção das edificações. Neste trabalho, foram abordados apenas aspectos que contemplam até a quinta dimensão do sistema BIM.

3.6.1 AltoQi Builder

O AltoQi Builder é um *software* que permite a modelagem e o dimensionamento dos projetos seguindo as normas brasileiras e bibliografias consagradas. Além disso, o *software* conta com uma vasta biblioteca de itens e componentes de instalações para o desenvolvimento dos projetos.

Com o AltoQi Builder, é possível extrair do projeto memoriais de cálculo dos dimensionamentos realizados e listas de materiais, geradas automaticamente através da

associação de diversas peças e itens vinculados através do Cadastro de uma peça, previamente configuradas no programa, bem como do levantamento de todos os materiais utilizados no projeto, como condutores e condutos.

Figura 4: Logo do *software* AltoQi Builder



Fonte: Website AltoQi⁴

3.6.2 AltoQi Visus

O AltoQi Visus é um *software* idealizado para fornecer ferramentas de gestão para os empreendimentos, contando com recursos de planejamento e orçamento de obras em BIM. Esse programa integra-se com o AltoQi Builder, tornando automática a transferência de informações de um para o outro, sem a perda de dados importantes nesta troca de *softwares*.

Este *software* conta com 9 bancos de dados públicos de referência para a realização de orçamentos de obra. Além disso, é possível criar um banco de dados próprio. Para a realização deste estudo, foi utilizada a tabela SINAPI, previamente configurada dentro do programa.

Figura 5: Logo do software AltoQi Visus



Fonte: Website AltoQi⁴

Para a Caixa Econômica Federal, o uso de *softwares* BIM para a orçamentação possibilita automatizar etapas do processo, melhorando o levantamento de quantitativos, bem como utilizar a inteligência artificial a favor do orçamento, ter agilidade em simular o impacto das variações de projeto no orçamento e realizar as melhores escolhas de projeto baseadas em custo para obras públicas (Correspondência entre NBR 15.965 e insumos do SINAPI – Metodologia Caixa, 2023, p. 8)⁵.

⁴ Disponível em: < <https://altoqi.com.br/> > Acesso em: 24 de out. 2023

⁵ Disponível em: < https://www.caixa.gov.br/Downloads/%E2%80%8Bsinapi-correspondencia-com-a-nbr-15965/Correspondencia_SINAPI_com_NBR_15965_Metodologia.pdf >. Acesso em: 27 de out. 2023

4 OBJETO DE ESTUDO

Para deste trabalho, optou-se pela análise do custo das instalações de infraestrutura elétrica de uma residência unifamiliar, que será descrita ao decorrer deste capítulo. As instalações para posterior análise foram projetadas e dimensionadas pelo autor do trabalho, com o intuito de manter um padrão entre os projetos, alterando apenas aspectos chaves, cumprindo os requisitos técnicos mencionados pelas respectivas normas aplicáveis em que o empreendimento se enquadra.

4.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A edificação objeto de estudo consiste numa residência unifamiliar de alto padrão composta de quatro suítes, além de áreas sociais como sala de estar e jantar, área externa de quiosque e piscina e uma sala íntima de leitura. O empreendimento contempla 307,33 m² de área construída.

O sistema construtivo proposto é de concreto armado moldado “*in loco*”. As divisórias entre ambientes, bem como fechamentos externos e escada são de alvenaria de vedação. Os revestimentos são argamassados com pintura, possibilitando a execução das instalações elétricas sem prejuízo estrutural.

4.2 QUADRO DE ÁREAS

A relação de ambientes e respectivas áreas estão descritas na tabela 3, organizadas em ordem alfabética:

Tabela 2: Quadro de áreas

<u><i>Ambiente</i></u>	<u><i>Área (m²)</i></u>
Área do Reservatório Superior	5,8
Área Externa Sala Íntima	28,6
Área Externa Suíte 2	10,53
Área Externa Suíte Master	8,29
Área Externa Térreo	25,6
Banheiro Suíte 2	4,34
Banheiro Suíte 3	4,9
Banheiro Suíte 4	4,34
Banheiro Suíte Master	10,64
Circulação Depósito	4,18
Circulação Íntima	9,75

Tabela 3: Quadro de áreas (conclusão)

<u>Ambiente</u>	<u>Área (m²)</u>
Circulação Lavanderia	2,52
Closet	11,76
Depósito	6,82
Escada	8,11
Garagem	34,4
Hall Externo	4,33
Hall Interno	4,33
Jantar	12,32
Lavabo	2,85
Lavanderia	6,93
Ôfuro	4
Sala de Estar	23,35
Sala Íntima	7,13
Suíte 2	18,72
Suíte 3	14,17
Suíte 4	10,85
Suíte Master	17,77
Total:	307,33

Fonte: Autoria própria.

4.3 DEFINIÇÕES DE PROJETO

Para a elaboração dos projetos, foram definidas algumas premissas que serão adotadas em ambos os projetos, e também os pontos que serão modificados do Projeto 1 para o Projeto 2. Para a iluminação, no Projeto 1 foram adotados interruptores simples, onde cada tecla aciona apenas um conjunto de lâmpadas. O condutor fase do circuito é ligado ao interruptor e os condutores neutro e retorno são ligados à lâmpada. No Projeto 2, na maioria dos ambientes, foram adotados interruptores paralelos, também conhecidos como interruptores *three-way*. A ligação desses interruptores conta com três pontos, o neutro, o retorno e o retorno paralelo. Essa ligação possibilita que as o conjunto de lâmpadas de um cômodo seja ligado em um ponto e desligado em um ponto distinto.

Em ambos os projetos foram previstos chuveiros elétricos, bem como ar-condicionados em todos os quartos, com potência de refrigeração de 12.000 BTU. Para o projeto 2, foi previsto uma unidade de ar-condicionado para a sala de estar e jantar, com potência de refrigeração de 18.000 BTU.

Para a iluminação dos ambientes, adotou-se o que a norma NBR 5410/2004 coloca no item 9.5.2.1.2, onde define que:

Na determinação das cargas de iluminação, como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413, conforme prescrito na alínea a) de 4.2.1.2.2, pode ser adotado o seguinte critério:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros. (NBR 5410, ABNT, 2004, p. 183).

A partir dos critérios acima estabelecidos, obteve-se a seguinte tabela 3 para a potência de iluminação dos ambientes:

Tabela 4: Quadro de carga mínima de iluminação por ambiente

<i>Ambiente</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Carga Iluminação (VA)</i>
Área do Reservatório Superior	5,8	100
Banheiro Suíte 2	4,34	100
Banheiro Suíte 3	4,9	100
Banheiro Suíte 4	4,34	100
Banheiro Suíte Master	10,64	160
Circulação Depósito	4,18	100
Circulação Íntima	9,75	100
Circulação Lavanderia	2,52	100
Closet	11,76	160
Depósito	6,82	100
Escada	8,11	100
Garagem	34,4	520
Hall Externo	4,33	100
Hall Interno	4,33	100
Jantar	12,32	160
Lavabo	2,85	100
Lavanderia	6,93	100
Ôfuro	4	100
Sala de Estar	23,35	340
Sala Íntima	7,13	100
Suíte 2	18,72	280
Suíte 3	14,17	220
Suíte 4	10,85	160
Suíte Master	17,77	220
Total:	234,31	3720

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 3, foram excluídas as áreas externas, determinando-se, desta forma, a carga mínima que será prevista de iluminação em cada ambiente do projeto. Dessa carga, serão

divididas em dois circuitos, separados em iluminação social, contemplando as áreas de convívio social entre os ocupantes da residência, e outro circuito para a iluminação íntima, que contempla os ambientes de corredor, suítes, banheiros das respectivas suítes e closet.

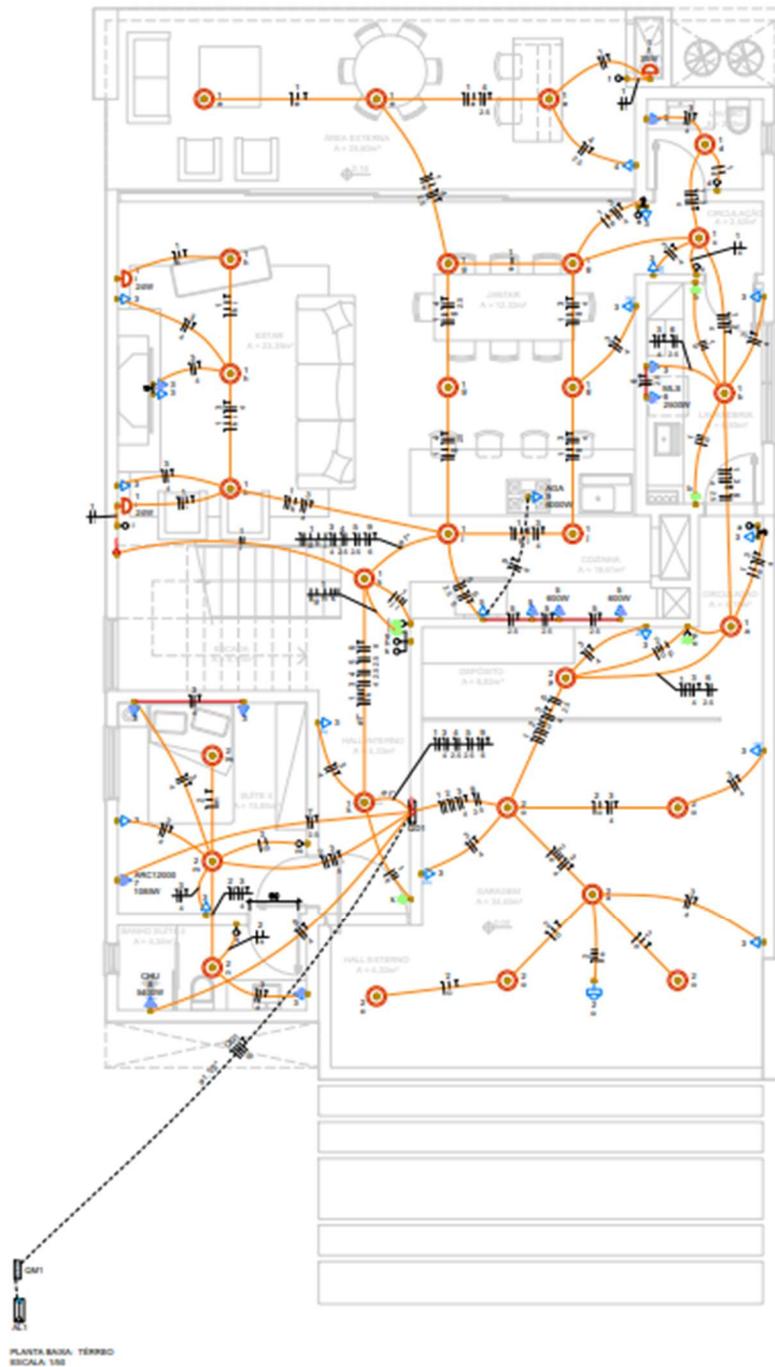
As demais diferenças entre os projetos estudados neste trabalho serão explicitadas e exibidas nos capítulos seguintes.

Atendendo ao que pede no item 4.2.5.5 da NBR 5410/2004, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam, ou seja, devem ser previstos circuitos distintos para iluminação e tomadas. Neste trabalho, adotou-se a seção mínima de condutores de $1,5\text{mm}^2$ para circuitos terminais de iluminação, conforme Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004, e também se adotou a seção mínima de $2,5\text{mm}^2$ para circuitos terminais que alimentam pontos de força.

5 PROJETO 1

O Projeto 1, denominado no presente trabalho, refere-se ao projeto mais básico, que busca contemplar apenas o mínimo indicado pelas normas de referência, como é o caso da carga de iluminação por ambiente previamente calculados. O projeto completo está disponibilizado no Anexo A.

Figura 6: Projeto 1 – Térreo



Fonte: Autoria própria.

Além da carga mínima de iluminação, a NBR 5410/2004 também estabelece um procedimento padrão para determinar o número mínimo de pontos de tomada que deve ser previsto, levando em consideração os seguintes critérios:

- a) em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, atendidas as restrições de 9.1;

b) em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto 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;

c) em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

NOTA Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada, quando sua área for inferior a 2 m² ou, ainda, quando sua profundidade for inferior a 0,80 m;

d) em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;

NOTA Particularmente no caso de salas de estar, deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomadas julgada adequada;

e) em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:

- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
- um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível. (NBR 5410, ABNT, 2004).

Todos esses critérios foram obedecidos para determinar a potência mínima de Tomadas de Uso Geral (TUGs) instaladas no sistema elétrico.

Além dos pontos de Tomadas de Uso Geral, ainda, foram previstos, na cozinha, dois pontos de tomada com potência nominal de 600 W, destinados à equipamentos como liquidificadores, torradeiras, entre outros, e um ponto com circuito independente de 6000 W para um fogão elétrico.

Neste projeto, foi previsto um ponto com circuito independente de 2500 W para a instalação de uma máquina de lavar roupas, localizado no ambiente “Lavanderia”. Além dos pontos de ar condicionado e chuveiros elétricos previamente abordados no item 4.3 do presente trabalho.

5.1 CIRCUITOS TERMINAIS

A seguir, apresentam-se os quadros de cargas do térreo e do segundo pavimento, explicitando o esquema de ligação de cada circuito, a tensão, a potência nominal projetada e,

também, apresenta-se a corrente de projeto, utilizada para calcular a seção dos condutores de cada circuito e os respectivos disjuntores.

Quadro 6: Quadro de cargas do Projeto 1

Quadro de Cargas (QD1) - TÉRREO											
Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	1983	R	1983			9.0	1.5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1000	R	1000			4.5	1.5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	3000	R	3000			15.2	4	16
4	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	100	S		100		0.5	2.5	10
5	COZINHA	F+N+T	220 V	1400	T			1400	7.1	2.5	10
6	MLR/MSR	F+N+T	220 V	2500	R	2500			12.6	2.5	16
7	AR CONDICIONADO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
8	CHUVEIRO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24.5	4	25
9	FOGÃO ILHA	F+N+T	220 V	6000	T			6000	34.1	6	40
QD2		3F+N+T	380/220 V	24390	R+S+T	5590	10800	8000	49.1	10	50
TOTAL				46858	R+S+T	15158	16300	15400			

Fonte: Autoria própria

Quadro 7: Quadro de cargas do Projeto 1

Quadro de Cargas (QD2) - 2º PAVIMENTO											
Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	300	R	300			1.4	1.5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1435	R	1435			6.5	1.5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	2600	T			2600	13.1	2.5	16
4	AR CONDICIONADO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
5	AR CONDICIONADO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
6	AR CONDICIONADO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
7	CHUVEIRO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24.5	4	25
8	CHUVEIRO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24.5	4	25
9	CHUVEIRO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24.5	4	25
10	RESERVATÓRIO / CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	100	R	100			0.5	1.5	10
11	TOMADA RESERVATÓRIO	F+N+T	220 V	200	R	200			1.0	2.5	10
12	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	300	R	300			1.5	2.5	10
TOTAL				24390	R+S+T	5590	10800	8000			

Fonte: Autoria própria

Para o dimensionamento dos circuitos terminais, utilizou-se o definido no capítulo 3, com auxílio das tabelas 40 e 42 da NBR 5410/2004.

5.2 CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO

Além desses circuitos terminais, realizou-se o dimensionamento do circuito de alimentação, cujo procedimento é dado pela concessionária RGE/CPFL Energia. Neste caso, foram adotadas as diretrizes descritas no GED-13, o qual estabelece que o dimensionamento das entradas trifásicas deve ser realizado de acordo com a demanda (kVA) da instalação, conforme a fórmula a seguir, aplicável às instalações em baixa tensão, com limite inferior de 75 kVA.

$$D = a + b + c + d + e + f + g + h + i$$

Onde:

a) Demanda referente a iluminação e tomadas;

- b) Demanda referentes a chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos;
- c) Demanda referente a aquecedor central ou de acumulação (boiler);
- 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.

A demanda referente à iluminação e tomadas, para instalações residenciais, de acordo com o GED-13, deve ser calculada através da Tabela 4 do mesmo, no que segue:

Tabela 5: Demanda para iluminação e tomadas residencial

Carga instalada (kW)	Fator de demanda
$0 < C \leq 1$	0,86
$1 < C \leq 2$	0,75
$2 < C \leq 3$	0,66
$3 < C \leq 4$	0,59
$4 < C \leq 5$	0,52
$5 < C \leq 6$	0,45
$6 < C \leq 7$	0,40
$7 < C \leq 8$	0,35
$8 < C \leq 9$	0,31
$9 < C \leq 10$	0,27
$C > 10$	0,24

Fonte: Tabela 3 GED-13, versão 2.25 (2020)

Para a demanda referente aos chuveiros, torneiras elétricas e aquecedores de passagem, para instalações residenciais, o GED-13 indica utilizar a sua Tabela 5 para calcular a demanda, no que segue:

Tabela 6: Fatores de demanda de chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos

Nº de aparelhos	Fator de demanda	Nº de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00	14	0,45
2	1,00	15	0,44
3	0,84	16	0,43
4	0,76	17	0,42
5	0,70	18	0,41
6	0,65	19	0,40
7	0,60	20	0,40
8	0,57	21	0,39
9	0,54	22	0,39
10	0,52	23	0,39
11	0,49	24	0,38
12	0,48	25	0,38
13	0,46	Acima de 25	0,38

Fonte: Tabela 4 da GED-13 versão 2.25 (2020)

No projeto 1, não foram instalados nenhum equipamento do tipo aquecedor central, bem como aquecedores de acumulação (boiler), portanto, a demanda para este tipo de equipamento será nula. O mesmo acontece para motores e máquinas de solda a motor, bem como equipamentos especiais e hidromassagem.

Para a máquina de lavar e secar roupas, a norma técnica da concessionária indica utilizar a Tabela 6 - Fatores de demanda de secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno micro-ondas:

Tabela 7: Demanda para secadora e roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno micro-ondas

Número de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00
2 a 4	0,70
5 a 6	0,60
7 a 8	0,50
Acima de 8	0,50

Fonte: Tabela 6 GED-13, versão 2.25 (2020)

Para a demanda dos fogões elétricos, utilizou a tabela 7 – Fatores de demanda de fogões elétricos do GED-13 ⁶(a não ser confundida com a tabela 7 apresentada no presente trabalho), o qual estabelece que, na utilização de apenas 1 unidade do equipamento, seu fator é igual a 1.

Para a demanda dos aparelhos de ar condicionado do tipo janela (split), a norma técnica dispõe da Tabela 9 do GED-13⁵ (mais uma vez a não ser confundida com a tabela 9 deste trabalho), a qual também estabelece o fator igual a 1.

De acordo com o quadro de cargas previamente apresentado, a carga total instalada na unidade consumidora é de 46858 W, e a demanda calculada através do seguinte:

⁶ As tabelas citadas nestes parágrafos se referem a numeração da tabela no arquivo GED-13, que diferencia das tabelas no presente trabalho.

Tabela 8: Fatores de demanda aplicados ao Projeto 1

A)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda	a)
Iluminação	4718	0,52	2453,36
Tomadas	7700	0,35	2695
			5148,36

B)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda	b)
Chuveiros	21600	0,76	16416

D)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda	d)
Potencia	2500	1	2500

E)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda	e)
Potencia	6000	1	6000

F)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda	f)
Ar Condicionado	4340	1	4340

Fonte: Autoria própria

Portanto, tem-se que:

$$D = 5148,36 + 16416 + 0 + 2500 + 6000 + 4340 + 0 + 0 + 0 = 34,4 \text{ kVA}$$

Obtido o valor calculado da demanda elétrica, o documento técnico da concessionária apresenta uma tabela, disposta no anexo A, cuja função é determinar o dimensionamento do circuito de alimentação da unidade consumidora. Neste projeto, utilizou-se a tabela 8 – Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC:

Tabela 9: Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC

Categoria		A3	A4	B3	C7	C8	C9	C10	C11	
Carga instalada individual ou soma de 2 ou mais clientes (kW)		$C \leq 10$	$C \leq 15$	$15 < C \leq 25$	$25 < C \leq 75$					
Demanda Individual ou Demanda de 2 ou mais clientes (kVA)		-	-	-	$D \leq 26$	$26 < D \leq 40$	$40 < D \leq 46$	$46 < D \leq 66$	$66 < D \leq 82$	
Limitação motores (cv)	FN	3	5	5	3	3	5	7,5	7,5	
	FF	-	-	10	5	5	10	12	12	
	FFFN ⁽²⁾	-	-	-	20	30	30	40	50	
Ramal de Entrada Cabo Cu PVC mm ² BWF 70°C 750 V		6	16	16	10	16	25	35	50	
Caixa		II ⁽¹⁾			III			H		
Disjuntor (A)		32	63	63	40	63	80	100	125	
Eletroduto mm (pol)		32 (1)		63	40 (1 ¼)				50 (1 ½)	
Aterramento	Condutor mm ²	6	10						16	
	Eletroduto mm (pol)	20 (½)								
Poste (daN)		90					200			
Pontaleta Tubular de Aço (mm)		60,33 x 3,35 ou 80 x 80 x 3 (diâmetro externo x espessura)			-	-	-	-	-	
Ramal de Ligação		10 mm ² Duplex	16 mm ² Duplex	16 mm ² Triplex	10 mm ² Quadru-plex	16 mm ² Quadru-plex	25 mm ² Quadru-plex	35 mm ² Quadru-plex	35 mm ² Quadru-plex	

Fonte: Tabela 1B do GED-13, versão 2.25 (2020)

Desta forma, obtêm-se que a seção dos condutores do circuito de alimentação terá seção de 16mm² e o disjuntor geral terá capacidade de 63A. O circuito de alimentação e suas características pode ser observado através do diagrama unifilar apresentado em projeto. Além da seção dos condutores e do dispositivo de proteção, ainda deve-se determinar o diâmetro do eletroduto que será utilizado, podendo-se evidenciar na tabela 8 que a seção mínima indicada pela tabela é a seção de 40 mm de diâmetro. No projeto, por questões de segurança, foi adotada seção circular de 50 mm de diâmetro.

5.3 ELETRODUTOS

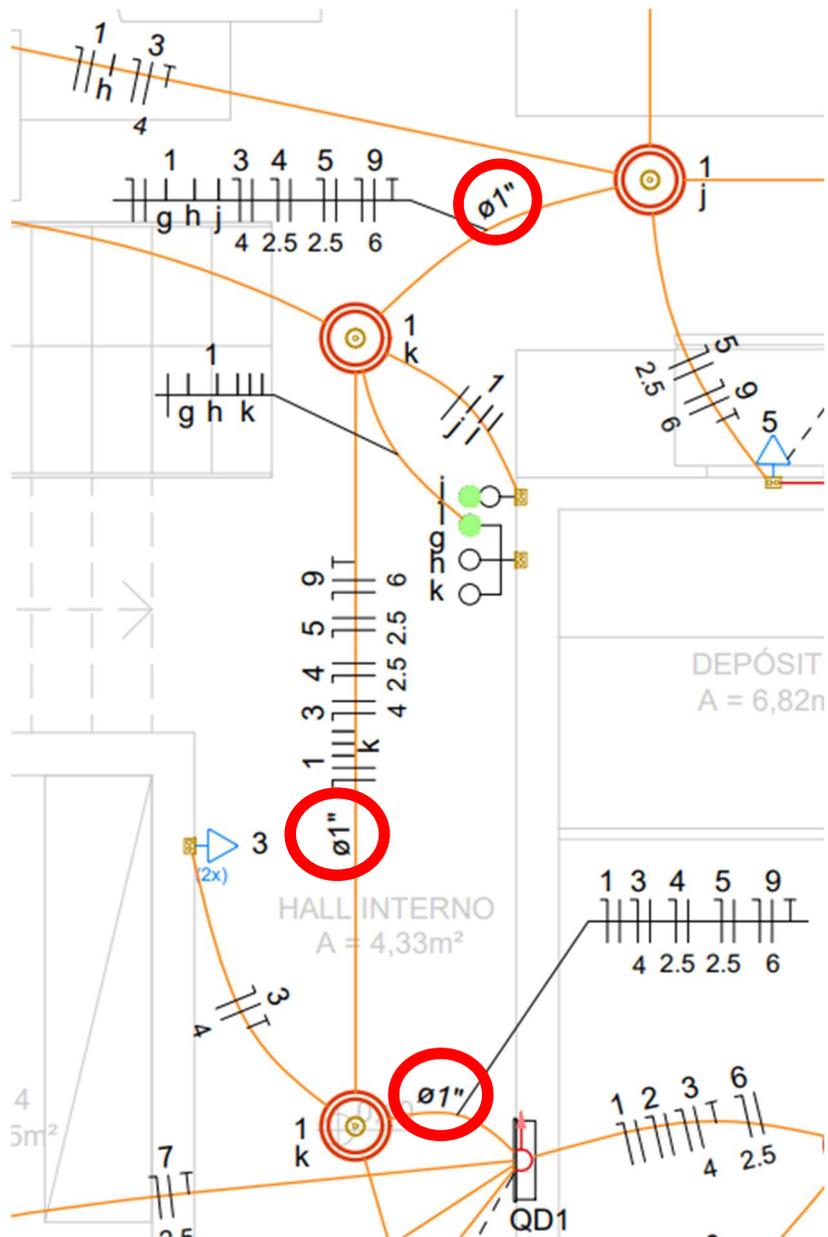
O eletroduto é o componente que tem a função de propiciar proteção mecânica aos condutores, além de proteger a fiação contra ataques químicos como sais, ácidos e óleos. Além disso, ele é importante na proteção contra incêndios decorrentes de superaquecimento dos condutores. Os eletrodutos podem ser classificados de diversas formas, sendo elas: em relação ao material de que são constituídos, como os não metálicos sendo feitos de PVC, plásticos, polipropileno ou polietileno; ou ainda como metálicos, cuja composição são ligas de aço carbono galvanizadas ou esmaltadas.

Além disso, ainda podem ser classificados em relação à sua flexibilidade, existindo eletrodutos rígidos ou flexíveis. Também, podem ser classificados quanto à forma de conexão, sendo roscáveis ou soldáveis. E ainda, em relação à sua espessura, existindo eletrodutos leves, semipesados e pesados.

Conforme Lima Filho (2011), o eletroduto de PVC rígido roscável é o tipo mais utilizado em instalações prediais, embutidos em paredes e lajes de concreto. Por causa disso, adotou-se eletrodutos de PVC flexível tipo leve para todos os condutos do sistema elétrico do projeto, com exceção do eletroduto que interliga o quadro de distribuição QD1 ao quadro de medição, o qual foi utilizado eletroduto tipo pesado (PEAD). Como material padrão de projeto, adotou-se eletrodutos de diâmetro nominal de 25 mm (3/4"). De acordo com a NBR 5410/2004, o item 6.2.11.1.6 estabelece que a taxa de ocupação máxima, em relação à área de seção transversal do eletroduto, é de 40% para três ou mais condutores ou cabos. Por isso, foram verificados todos os condutos do projeto para que atendessem este critério.

De maneira geral, os eletrodutos que interligam os quadros de distribuição com as caixas de derivação mais próximas têm uma taxa de ocupação maior, por serem caminho de distribuição de diversos circuitos. No projeto 1, alguns eletrodutos tiveram taxa de ocupação maior do que 40% para o diâmetro nominal de 25 mm, e, por este motivo, adotou-se a menor seção possível para que atendessem ao item da norma, que em todos os casos foi o diâmetro nominal de 32 mm (1").

Figura 7: Região próxima ao QD1 Térreo



Fonte: Autoria própria

Para o eletroduto que interliga a primeira caixa de passagem ao quadro de distribuição QD1, está descrita a passagem da fiação elétrica dos circuitos 1, 3, 4, 5 e 9, sendo estes também descritos no quadro de cargas exposto na seção 5.1.

Para o diâmetro nominal de 25 mm, verificou-se que a taxa de ocupação deste eletroduto calculada foi de 40,7%, portanto, adotou-se o diâmetro nominal de 1" (32 mm), de forma que a taxa de ocupação do eletroduto calculada caiu para 23,4%, dentro do limite permitido pela norma. O mesmo critério foi adotado para todos os eletrodutos do projeto que excederam o limite para o diâmetro padrão adotado de 25 mm.

5.4 DISPOSTIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES E CHOQUES ELÉTRICOS

Alguns equipamentos são previstos no sistema elétrico para terem a função de possibilitar a manobra dos circuitos elétricos, ou seja, para permitir com que seja possível conduzir e interromper correntes elétricas em condições normais de operação, bem como de forma automática em condições anormais de operação.

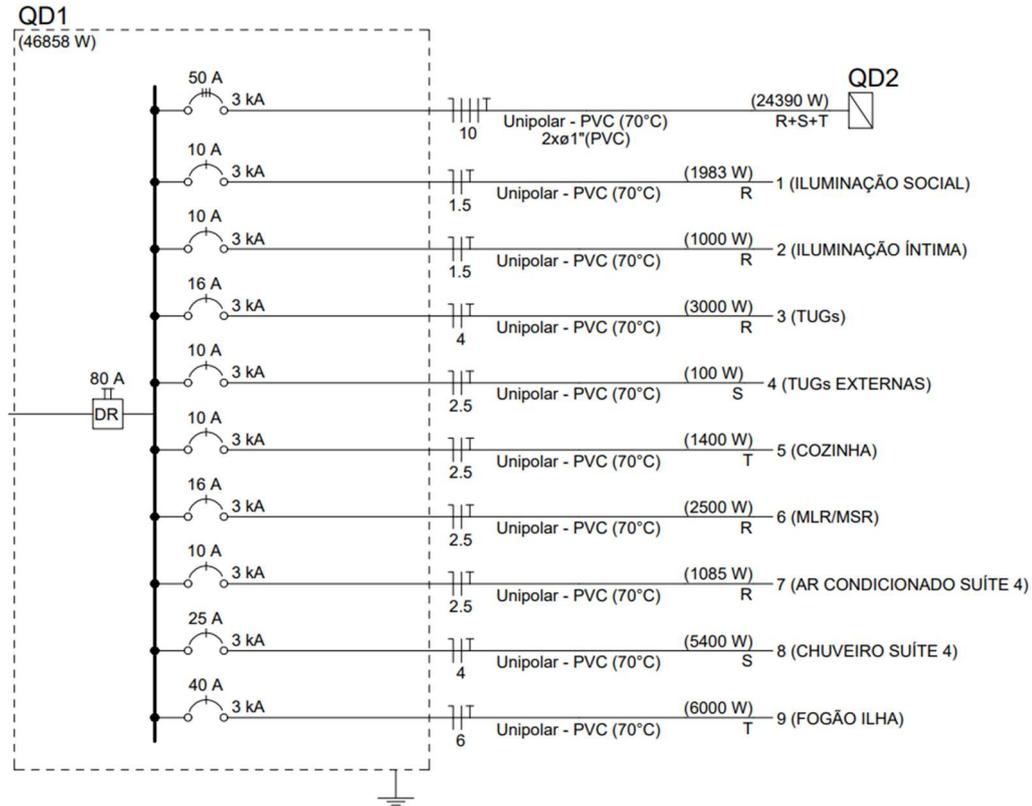
Uma sobrecarga acontece quando o circuito é exposto a uma corrente superior à sua corrente nominal, muitas vezes em decorrência de solicitações de equipamentos acima de suas capacidades. Quando a sobrecarga produz uma corrente de ordens de grandeza superiores à corrente nominal, denomina-se de curto-circuito, provocando condições térmicas e mecânicas prejudiciais ao sistema elétrico.

Para proteger a instalação contra esse tipo de riscos, segundo Lima Filho (2011, p. 177) afirma que “Os disjuntores termomagnéticos em caixa moldada são os dispositivos de proteção que têm maior utilização em instalações prediais de baixa tensão”. Diante disso, foi a solução adotada para o projeto.

As características de corrente nominal de cada disjuntor adotado em projeto podem ser verificadas no quadro de cargas, previamente apresentado na seção 5.1. O procedimento de cálculo seguiu a metodologia disposta na seção 3.1.3.1 do presente trabalho. Além disso, todos os disjuntores adotados em projeto possuem capacidade de ruptura de 3 kA.

Além dos disjuntores termomagnéticos, ainda foi previsto, no Projeto 1, um dispositivo DR geral. Esse dispositivo tem a função de supervisionar a existência de uma corrente diferencial-residual, através do seccionamento da alimentação do circuito sempre que o valor dessa corrente diferencial ultrapassar o valor nominal do dispositivo. Os DRs podem ser instalados na proteção geral e/ou nas proteções individuais dos circuitos terminais, e por opção de projeto, neste Projeto 1, adotou-se apenas um dispositivo DR geral em cada quadro de distribuição.

Figura 8: Diagrama Unifilar do QD1 Projeto 1

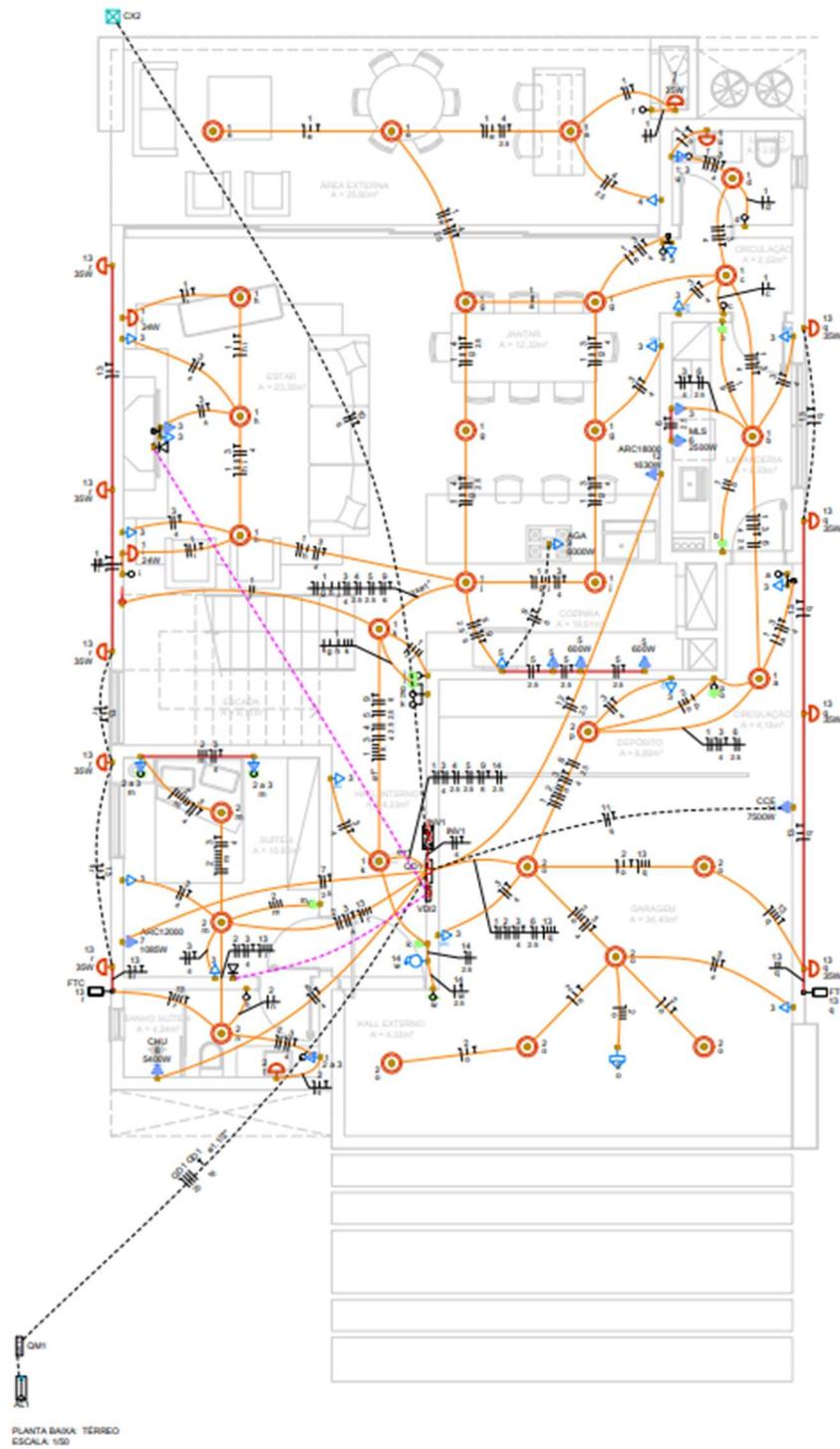


O diagrama unifilar acima contém todas as informações discutidas previamente sobre a seção dos condutores de cada circuito terminal, bem como dispositivos de proteção contra sobrecorrentes e a instalação do dispositivo DR. O restante dos diagramas referentes aos outros quadros e informações completas podem ser consultadas no Anexo A do presente trabalho.

6 PROJETO 2

O Projeto 2, denominado no presente trabalho, refere-se à adaptação do Projeto 1, com adições no sistema elétrico, conforme o que será explicado no decorrer deste capítulo. O projeto completo pode ser consultado no Anexo B.

Figura 9: Planta baixa do Térreo Projeto 2



Fonte: Autoria própria

6.1 DIFERENÇAS ENTRE PROJETOS

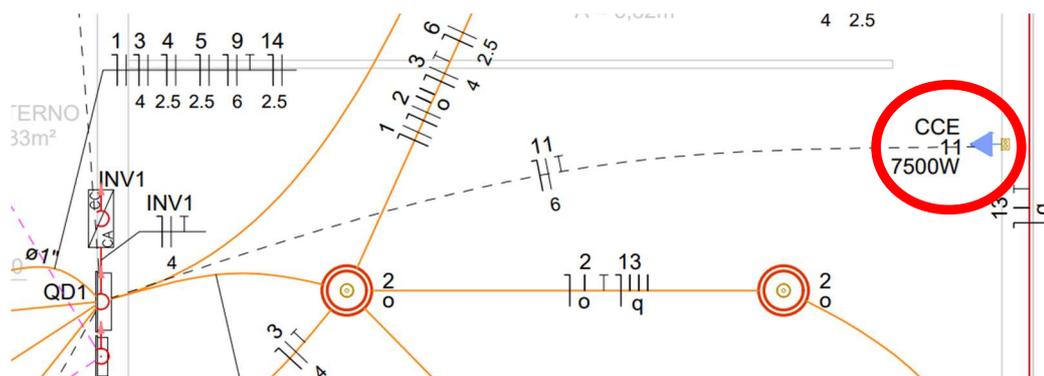
No decorrer das próximas seções, apresentam-se todas as adaptações feitas no Projeto 1 previamente apresentado, de forma a adicionar e melhorar alguns sistemas do projeto elétrico como um todo.

6.1.1 Espera para Carregador Veicular

O mercado automobilístico está passando por uma mudança, à medida que carros elétricos ganham cada vez mais popularidade. Segundo dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), o mês de outubro de 2023 marcou um novo recorde mensal de vendas, com mais de 9500 veículos elétricos emplacados, o que significa um crescimento de 114% em relação ao mesmo mês do ano anterior.

Diante disso, a necessidade de soluções para o carregamento dos carros elétricos torna-se cada vez mais importante. Nesse contexto, adicionou-se um terminal elétrico na garagem do Projeto 2, de forma a atender esta demanda de mercado.

Figura 10: Ponto elétrico para carregador de carro elétrico



Fonte: Autoria própria

Para o dimensionamento do projeto, criou-se um circuito independente para este ponto, cuja potência nominal adotou-se 7500 W.

6.1.2 Espera para Piscina

Segundo a Associação Nacional das Empresas e Profissionais de Piscinas (ANAPP), com base na sua Pesquisa de Mercado de 2023 (Base 2022) foram instaladas mais de 103 mil piscinas no Brasil em 2022, sendo que dessas, 73% recebem algum tipo de aquecimento.

Nesse caso, previu-se neste projeto, a adição de um circuito terminal que contemple futuras instalações de piscinas na residência. Para fins de dimensionamento, adotou-se a potência nominal de 7500 W para este circuito.

6.1.3 Aquecedor para Ofurô

Para o ofurô presente no segundo pavimento, na área externa próxima à suíte master, foi previsto, neste projeto, a infraestrutura elétrica para a instalação de um motor de aquecimento, o qual não foi previsto no Projeto 1.

Para esse ponto elétrico, criou-se um circuito terminal independente, alimentado pelo Quadro de Distribuição 2 (QD2), no segundo pavimento da residência. A potência nominal adotada para este circuito foi de 7500 W, e o seu dimensionamento será explicitado nas seções posteriores.

6.1.4 Ar Condicionado na Sala de Estar/Jantar

Além das unidades de ar-condicionados instaladas em todas as suítes presentes no Projeto 1, para este, adicionou-se mais uma unidade na Sala de Estar/Jantar. De forma diferente do adotado nos quartos, a potência adotada foi de 18 mil BTUs, enquanto nos quartos foi de 12 mil BTUs cada unidade.

Para esse ponto elétrico, da mesma forma que os demais, também foi criado um circuito independente para o mesmo. Além disso, para todas as unidades de ar-condicionados presentes no projeto, foram previstos eletrodutos independentes ligando-os aos Quadros de Distribuição com os quais estão associados.

6.1.5 Cortineiros Elétricos

Para os ambientes íntimos do segundo pavimento, para cada janela, previu-se um ponto elétrico de 100 W para a alimentação de motores elétricos para cortinas automáticas.

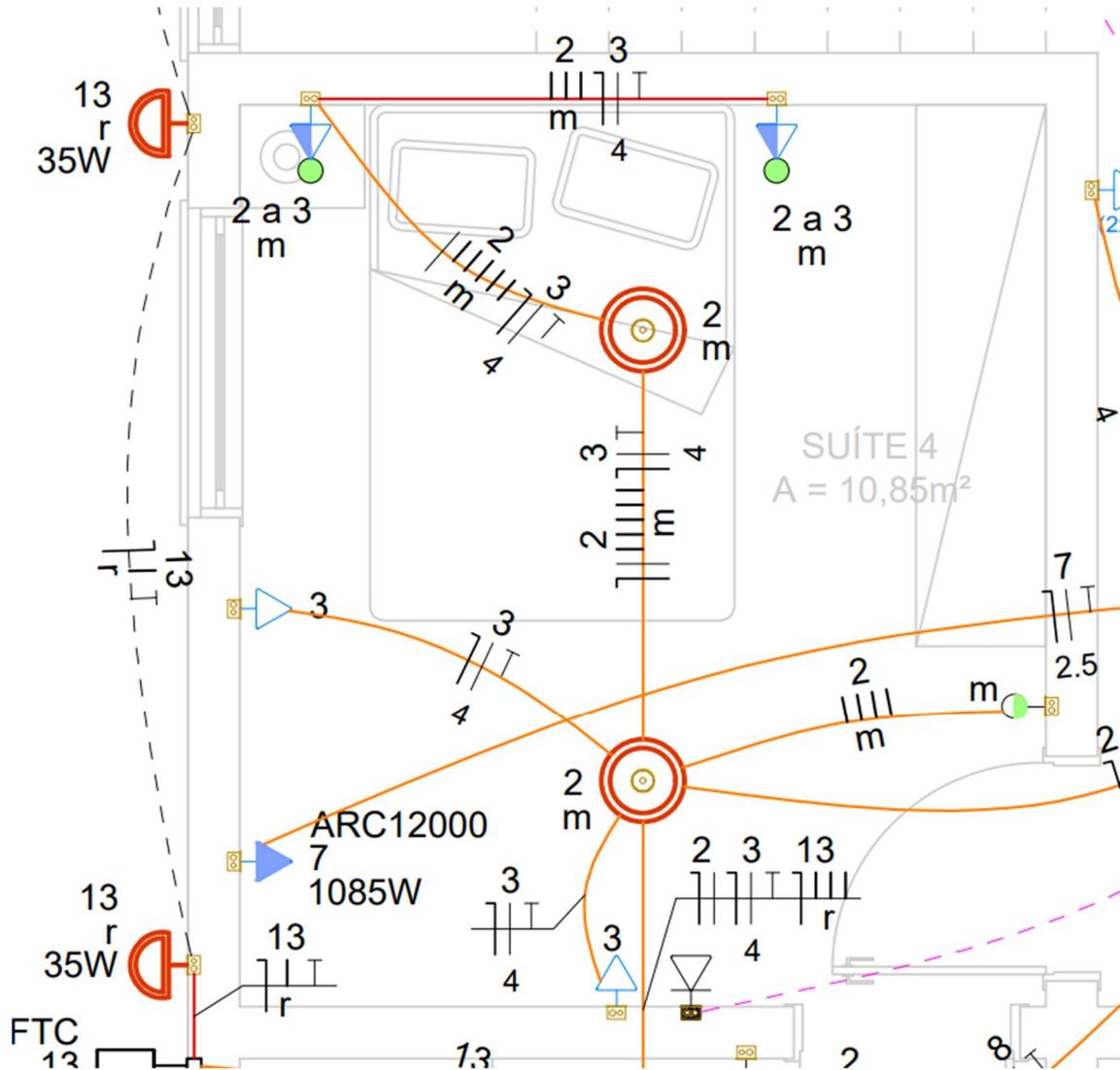
Neste caso, não foram previstos circuitos independentes para cada ponto terminal, foi previsto um circuito específico para contempla apenas esta utilização, contemplando os 5 pontos distribuídos pela residência.

6.1.6 Interruptores Paralelos Nos Corredores E Quartos

Os interruptores paralelos também são conhecidos como chave hotel ou ainda *three-way* em algumas regiões. Eles permitem ligar e desligar uma lâmpada ou grupo de lâmpadas, a partir

de dois locais diferentes. Assim, sua utilização é comum em corredores e dormitórios, por exemplo. Nesses últimos, é frequente encontrar um interruptor próximo à porta de acesso e outro na cabeceira da cama.

Figura 11: Interruptores paralelos na suíte 4



Fonte: Autoria própria

No Projeto 2 foi adotado a instalação de interruptores paralelos em todas as suítes, e nos corredores. Em função da ligação entre esses interruptores paralelos, aumenta-se consideravelmente o consumo da fiação elétrica dos circuitos de iluminação, em função do acréscimo dos retornos instalados no sistema.

6.1.7 Iluminação Externa

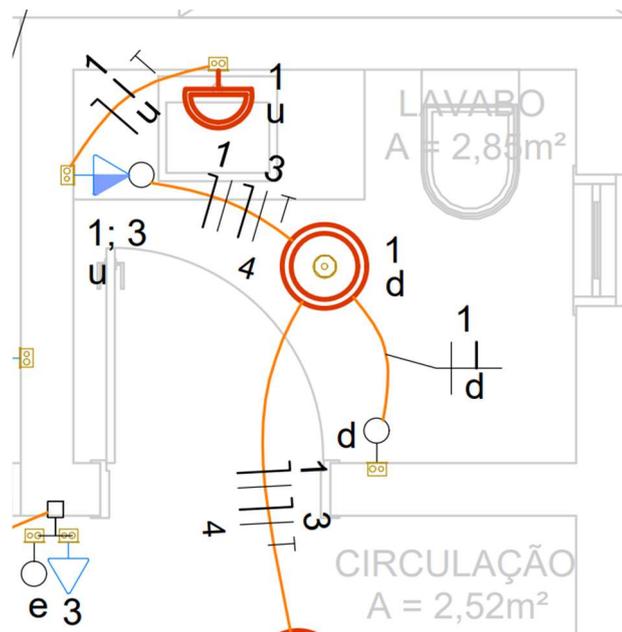
Como uma melhoria no sistema de iluminação da residência, foram adicionadas arandelas suspensas nas paredes externas da residência. O conjunto de 9 arandelas é comandado por um sistema de fotocélulas, de maneira a deixá-las acionadas no período noturno ou em momentos de baixa luminosidade. A fotocélula é um dispositivo que monitora a iluminação ao seu redor e controla o acionamento da iluminação em função dela, sem necessidade de intervenção humana.

Para esse conjunto de arandelas, foi prevista uma potência individual de 35 W para cada unidade, totalizando uma potência nominal de 315 W. Criou-se um circuito independente para esse conjunto de iluminação, e seu dimensionamento será explicitado nas seções que seguem.

6.1.8 Arandelas nos Banheiros

No Projeto 2, para cada banheiro existente em projeto, além da iluminação prevista para o teto do ambiente, ainda, foram adicionadas arandelas nas paredes.

Figura 12: Arandela no lavabo do térreo



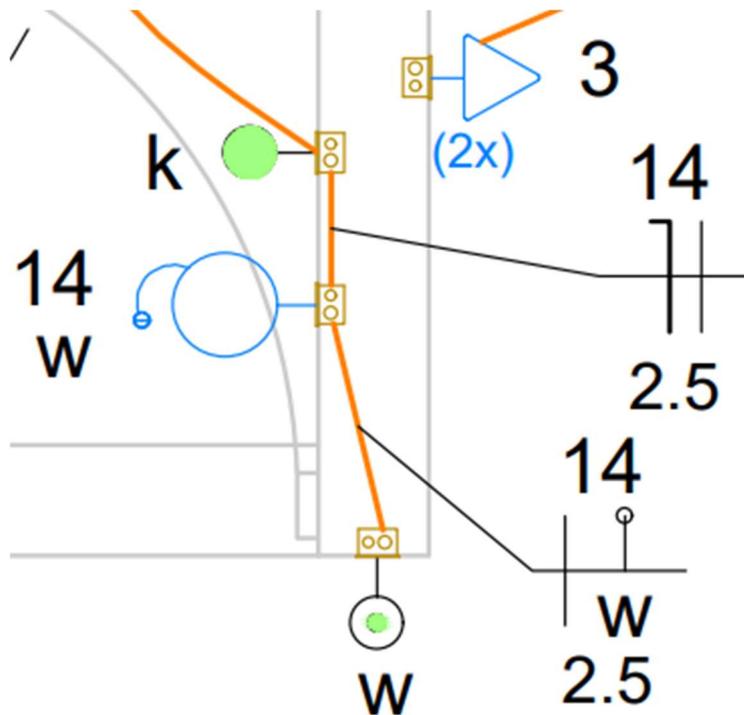
Fonte: Autoria própria

Para o acionamento destas arandelas, foi previsto um interruptor independente, com circuito diferente associado do qual a iluminação no teto prevista também no Projeto 1. Em decorrência disso, aumentou-se o consumo de fiação elétrica dos circuitos relacionados, bem como a adição de novos eletrodutos.

6.1.9 Campainha

A campainha é um dispositivo elétrico muito utilizado em residências, que, ao ser acionada, serve para alertar a chegada de visitas através de um sinal sonoro.

Figura 13: Ligação da campainha e acionador



Fonte: Autoria própria

Nota-se a diferença no sistema de uma campainha, o seu interruptor, quando pressionado emite um barulho e que, quando solto, para imediatamente de emitir o mesmo. Isso acontece porque existe uma mola acoplada no interruptor das campainhas. Ao apertar o interruptor de uma campainha, o circuito torna-se fechado e é liberada uma corrente elétrica em seu interior. Após isso, um eletroímã é carregado e gera um campo magnético, atraindo o badalo. A partir do momento que o badalo é atraído pelo eletroímã, acontece o seu choque com o gongo, provocando assim o barulho da campainha. Depois que o interruptor deixa de ser pressionado, a corrente elétrica estabelecida dentro do sistema é cessada e todo o sistema volta ao normal.

A instalação de uma campainha e de seu respectivo interruptor no projeto em questão, aumentará o consumo de fiação elétrica, bem como de eletrodutos nos quais serão instalados, além de um dispositivo de proteção específico para este circuito.

6.1.10 DRs por Agrupamento

Ao serem instalados DRs na proteção geral, como o executado no Projeto 1, em caso de acionamento, o dispositivo pode causar o seccionamento intempestivo de toda a instalação elétrica, e por isso, outra maneira de serem instalados é dividindo em agrupamentos de circuitos elétricos. Quando isso acontece, deve-se garantir a ordem entre a sensibilidade de atuação dos disjuntores e DRs.

Quando instalados em agrupamentos de circuitos, deve-se garantir que o valor da corrente nominal do DR seja igual ou superior ao somatório das correntes nominais dos circuitos, ou seja, caso dois circuitos agrupados cuja soma das correntes nominais seja 24 A, a instalação de um DR com capacidade de 25 A suportaria a carga instalada no grupo de circuitos.

Nesse caso, ao acontecer a fuga de corrente, apenas o grupo de circuitos onde aconteceu a fuga irá ter sua corrente seccionada, mantendo o restante da instalação em operação.

No Projeto 2, de forma diferente do projeto anterior, adotou-se a divisão em agrupamentos de circuitos para a instalação de dispositivos de proteção à corrente residual – diferencial, resultando em um maior consumo destes dispositivos, pois, ao invés de termos um dispositivo geral para cada quadro, neste caso, teremos vários dispositivos a serem divididos entre grupos de circuitos. Seu dimensionamento será explicitado nas seções que seguem.

6.1.11 Infraestrutura para Rede Lógica

Com o avanço em que vivemos nas áreas de tecnologia, é quase imprescindível que as novas edificações estejam em condições para a instalação de um sistema de cabeamento estruturado.

Para o Projeto 2, foram previstos, para cada pavimento um quadro específico para ligações de Dados, Voz e Imagem, identificados como VDI nas plantas baixas. Desses quadros, são conectados eletrodutos em pontos de acesso distribuídos entre os cômodos da residência, os quais podem ser verificados no Anexo B. Para fins deste trabalho, não foram dimensionados cabos no sistema de cabeamento, apenas a infraestrutura composta por caixas de passagem e caixas terminais, com a interligação entre si. Também não foram aplicados nenhum

dimensionamento nesta rede, e foram adotados condutos de 25 mm de diâmetro, os mesmos utilizados na rede elétrica.

A instalação desses pontos no projeto gera um consumo maior de eletroduto, bem como de caixas embutidas nas paredes e suas respectivas tampas, os quantitativos de materiais serão demonstrados nas seções que seguem.

6.1.12 Sistema Fotovoltaico

O mercado da energia solar apresenta rápido crescimento no Brasil, e tem se tornado um investimento interessante nos últimos anos. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), já existiam, em outubro de 2023, mais de 34000 MW de potência instalada em fonte solar fotovoltaica no Brasil, representando cerca de 15,8% da matriz energética do país.

Diante dessa tendência, torna-se interessante a instalação de um sistema fotovoltaico completo no Projeto 2, composto por painéis solares, inversor, e toda a fiação e eletrodutos necessários para a instalação do sistema.

Neste trabalho em questão, foram adotados 6 módulos de 330 W cada, totalizando uma potência total instalada de 1980 W, conforme pode ser verificada no quadro a seguir:

Quadro 8: Quadro de cargas inversor do térreo

Quadro de Cargas (INV1) - TÉRREO							
Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	Módulos Fotovoltaicos	CC+T	222.00 V	1980	8.9	4	0.5
TOTAL				1980			

Fonte: Autoria própria

Além dos módulos previstos para o pavimento cobertura, foi previsto um quadro inversor próximo ao quadro de distribuição do térreo, responsável por transformar a corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada, para que entre em sincronia com a rede elétrica da residência.

Para fins de orçamento objeto de estudo deste trabalho, foram previstos eletrodutos de PVC tipo leve interligado todos os componentes do sistema, bem como fiação de seção circular de 4 mm².

6.2 CIRCUITOS TERMINAIS

A seguir, apresentam-se os quadros de cargas do Projeto 2, nos quais são demonstrados o esquema de ligação de cada circuito, a tensão, a potência nominal projetada, e também se apresenta a corrente de projeto, utilizada para calcular a seção dos condutores de cada circuito e os respectivos disjuntores.

Os quadros de cargas sofreram alterações em decorrência de todas as modificações realizadas no Projeto 1 que foram explicitadas nas seções anteriores, para que se transformasse no que se chama neste trabalho de Projeto 2.

Quadro 9: Quadro de cargas Projeto 2

Quadro de Cargas (QD1) - TÉRREO											
Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	2018	S		2018		9.2	1.5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1035	S		1035		4.7	1.5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	2800	R	2800			14.1	4	16
4	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	100	T			100	0.5	2.5	10
5	COZINHA	F+N+T	220 V	1400	T			1400	7.1	2.5	10
6	MLR/MSR	F+N+T	220 V	2500	T			2500	12.6	2.5	16
7	AR CONDICIONADO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	1085	S		1085		5.5	2.5	10
8	CHUVEIRO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24.5	4	25
9	FOGÃO ILHA	F+N+T	220 V	6000	S		6000		34.1	6	40
10	MOTOR PISCINA E AQUECIMENTO	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34.1	6	40
11	CARREGADOR CARRO ELÉTRICO	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34.1	6	40
12	AR CONDICIONADO ESTAR/JANTAR	F+N+T	220 V	1630	T			1630	8.2	2.5	10
13	ILUMINAÇÃO EXTERNA	F+N+T	220 V	315	T			315	1.4	1.5	10
14	CAMPAINHA	F+N	220 V	0	R				0.0	2.5	10
QD2		3F+N+T	380/220 V	32995	R+S+T	12055	10800	10140	49.1	10	50
INV1		F+N+T	220 V	2200	R	2200			10.5	4	16
TOTAL				72278	R+S+T	29855	20938	21485			

Quadro de Cargas (QD2) - 2º PAVIMENTO											
Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	300	T			300	1.4	1.5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1540	T			1540	7.0	1.5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	2600	T			2600	13.1	2.5	16
4	AR CONDICIONADO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
5	AR CONDICIONADO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
6	AR CONDICIONADO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5.5	2.5	10
7	CHUVEIRO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24.5	4	25
8	CHUVEIRO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24.5	4	25
9	CHUVEIRO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24.5	4	25
10	RESERVATÓRIO / CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	100	R	100			0.5	1.5	10
11	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	300	T			300	1.5	2.5	10
12	CORTINEIROS	F+N+T	220 V	500	R	500			2.5	2.5	10
13	AQUECEDOR OFURÔ	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34.1	6	40
14	FORÇA CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	700	R	700			3.5	2.5	10
TOTAL				32995	R+S+T	12055	10800	10140			

Fonte: Autoria própria

Para o dimensionamento dos circuitos terminais, assim como no Projeto 1 apresentado previamente, utilizou-se o mesmo procedimento definido no capítulo 3, com auxílio das tabelas da NBR5410/2004.

6.3 CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO

Dado o quadro de cargas apresentado na seção anterior, em consonância com o procedimento, tabelas e diretrizes apresentadas na seção 5.2 do presente trabalho, foi calculada a demanda através da mesma fórmula:

$$D = a + b + c + d + e + f + g + h + i$$

Onde:

- a) Demanda referente a iluminação e tomadas;
- b) Demanda referentes a chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos;
- c) Demanda referente a aquecedor central ou de acumulação (boiler);
- 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.

Pelo fato de o Projeto 2 ter carga total instalada de 72278 W e se enquadrar na mesma classificação (baixa tensão) do Projeto 1 apresentado nos capítulos anteriores, utilizaram-se as mesmas tabelas para a determinação dos fatores de demanda de cada item necessário para o cálculo.

A demanda calculada está dada a partir do seguinte:

Tabela 10: Fatores de demanda aplicados ao Projeto 1

A)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda a)	
Iluminação	5208	0,45	2343,6
Tomadas	16000	0,24	3840
			6183,6

B)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda b)	
Chuveiros	36600	0,65	23790

D)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda d)	
Potencia	2500	1	2500

E)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda e)	
Potencia	6000	1	6000

F)

Equipamento	Carga (W)	Fator de Demanda f)	
Ar Condicionado	5970	1	5970

Fonte: Autoria própria

Portanto, têm-se que:

$$D = 6183,6 + 23790 + 0 + 2500 + 6000 + 5970 + 0 + 0 + 0 = 44,4 \text{ kVA}$$

Obtido o valor calculado da demanda elétrica, o documento técnico da concessionária apresenta uma tabela, disposta no anexo A, cuja função é determinar o dimensionamento do circuito de alimentação da unidade consumidora. Neste projeto, utilizou-se a tabela 10 – Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC:

Tabela 11: Dimensionamento em tensão 220/380V – Ramal de Entrada de Cobre/PVC

Categoria		A3	A4	B3	C7	C8	C9	C10	C11
Carga instalada individual ou soma de 2 ou mais clientes (kW)		$C \leq 10$	$C \leq 15$	$15 < C \leq 25$	$25 < C \leq 75$				
Demanda Individual ou Demanda de 2 ou mais clientes (kVA)		-	-	-	$D \leq 26$	$26 < D \leq 40$	$40 < D \leq 66$	$66 < D \leq 82$	
Limitação motores (cv)	FN	3	5	5	3	3	5	7,5	7,5
	FF	-	-	10	5	5	10	12	12
	FFFN ⁽²⁾	-	-	-	20	30	30	40	50
Ramal de Entrada Cabo Cu PVC mm ² BWF 70°C 750 V		6	16	16	10	16	25	35	50
Caixa		II ⁽¹⁾				III			H
Disjuntor (A)		32	63	63	40	63	80	100	125
Eletroduto mm (pol)		32 (1)			40 (1 ¼)				50 (1 ½)
Aterramento	Condutor mm ²	6	10						16
	Eletroduto mm (pol)	20 (½)							
Poste (daN)		90					200		
Pontaleta Tubular de Aço (mm)		60,33 x 3,35 ou 80 x 80 x 3 (diâmetro externo x espessura)			-	-	-	-	-
Ramal de Ligação		10 mm ² Duplex	16 mm ² Duplex	16 mm ² Triplex	10 mm ² Quadru-plex	16 mm ² Quadru-plex	25 mm ² Quadru-plex	35 mm ² Quadru-plex	35 mm ² Quadru-plex

Fonte: Tabela 1B do GED-13, versão 2.25 (2020)

Desta forma, obtêm-se que a seção dos condutores do circuito de alimentação terá seção de 25 mm² e o disjuntor geral terá capacidade de 80 A. O circuito de alimentação e suas características pode ser observado através do diagrama unifilar apresentado em projeto. Além da seção dos condutores e do dispositivo de proteção, ainda, deve-se determinar o diâmetro do eletroduto que será utilizado, podendo-se evidenciar na tabela que a seção mínima indicada pela tabela é a seção de 40 mm de diâmetro. No projeto, por questões de segurança, foi adotada seção circular de 50 mm de diâmetro.

Esse dimensionamento explicita o primeiro aspecto importante na comparação entre os dois projetos objetos de estudo deste trabalho. Em decorrência das diferenças explicadas na seção 6.1, tem-se um aumento da carga elétrica total instalada, bem como da demanda elétrica, o que resulta em cabos mais robustos para a alimentação, e conseqüentemente mais caros. O mesmo acontece com o dispositivo de proteção dado pela tabela acima. A influência dessa alteração e suas conseqüências será explorado com maiores detalhes no próximo capítulo, bem como de todas as outras descritas na seção 6.1.

7 COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS

O método de pesquisa adotado para o presente trabalho foi o estudo de caso. O estudo toma como base os dois projetos já apresentados anteriormente, desenvolvidos para a mesma residência. Dentre os projetos, foi analisada a diferença do consumo de materiais para a instalação de todo o sistema elétrico. Para análise no estudo, considerou-se apenas os materiais que compõem a infraestrutura, desconsiderando os equipamentos elétricos. Para os cálculos do levantamento, aplicou-se o somatório total das quantidades totais fornecidas pelo *software* Alto QiBuilder no qual os projetos foram desenvolvidos.

Os consumos de materiais, foram feitos de maneira simplificada, de modo que:

a) A NBR 5410, item 6.1.5.3 especifica que:

qualquer condutor isolado, cabo unipolar ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-clara na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar. (NBR 5410, 2004, p. 86).

Para o condutor de proteção (terra) se faz a mesma prescrição reservando a cor verde-amarela e no caso do condutor fase indica que podem ser adotadas cores diferentes. Em consonância com isto, foram adotadas as seguintes cores para este fim:

Quadro 10: Identificação dos fios

Identificação dos fios	
Fase 1	Branco
Fase 2	Preto
Fase 3	Vermelho
Neutro	Azul Claro
Terra	Verde-amarelo
Retorno	Amarelo

Fonte: Autoria própria

- a) Todos os materiais foram levantados através da ferramenta de quantitativos do *software* utilizado.

Os resultados obtidos para o consumo de cabo unipolar (em metros), de eletroduto PVC flexível (em metros), de dispositivos de proteção (em peças), de quadros de distribuição (em peças), de acessórios para eletrodutos (em peças), de dispositivos elétricos embutidos (em peças), de dispositivos de comando (em peças) e de elementos para as instalações fotovoltaicas estão expostos nas tabelas a seguir.

7.1 CABOS UNIPOLARES

A tabela que apresenta os quantitativos de cabos unipolares está exposta na Tabela 12:

Tabela 12: Quantitativo de cabos unipolares

Cabo Unipolar (cobre)					
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Unidade
1,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Amarelo	293,8	551,4	m
2,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Azul claro	176,7	275,1	m
3,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Branco	222,6	17,7	m
4,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Preto	0,0	123,8	m
5,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Verde-amarelo	37,8	103,6	m
6,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ² - Vermelho	0,0	95,8	m
7,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Amarelo	0,0	4,1	m
8,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Azul claro	298,0	353,1	m
9,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Branco	121,2	107,3	m
10,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Preto	22,5	9,1	m
11,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Verde-amarelo	222,5	238,8	m
12,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ² - Vermelho	154,3	240,8	m
13,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ² - Azul claro	187,1	179,7	m
14,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ² - Branco	142,4	135,0	m
15,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ² - Preto	34,5	37,4	m
16,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ² - Verde-amarelo	179,2	184,2	m
17,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ² - Vermelho	10,2	32,3	m
18,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ² - Azul claro	15,6	54,9	m
19,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ² - Branco	0,0	39,3	m
20,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ² - Preto	0,0	15,6	m
21,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ² - Verde-amarelo	15,6	54,9	m
22,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ² - Vermelho	15,6	0,0	m
23,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ² - Azul claro	3,9	3,9	m
24,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ² - Branco	3,9	3,9	m
25,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ² - Preto	3,9	3,9	m
26,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ² - Verde-amarelo	3,9	3,9	m
27,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ² - Vermelho	3,9	3,9	m
28,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ² - Azul claro	14,5	0,0	m
29,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ² - Branco	14,5	0,0	m
30,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ² - Preto	14,5	0,0	m
31,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ² - Verde-amarelo	14,5	14,5	m
32,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ² - Vermelho	14,5	0,0	m
33,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	25 mm ² - Azul claro	0,0	14,5	m
34,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	25 mm ² - Branco	0,0	14,5	m
35,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	25 mm ² - Preto	0,0	14,5	m
36,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	25 mm ² - Vermelho	0,0	14,5	m

Fonte: Autoria própria

É possível, através da tabela 11 identificar de que forma as alterações entre projetos descritas nos capítulos anteriores influenciou nos materiais que foram utilizados. O item de número 1, referente ao cabo unipolar de seção circular de 1,5 mm² cor amarela, que, por definição, utiliza-se com a função de retorno, teve uma variação de 187%, principalmente em função das associações entre interruptores do tipo “hotel” descritas na seção 6.1.6. Além disso, pode-se evidenciar que, para o Projeto 2, existe uma quantidade de fiação com diâmetro de 25 mm², a qual não temos no Projeto 1. Isso ocorreu em função do dimensionamento do circuito

de alimentação, conforme pode-se verificar na seção 6.3. A tabela a seguir é um resumo da tabela 11, com as quantidades separadas somente em função da sua seção circular, sem distinção de cores:

Tabela 13: Quantitativo de cabos unipolares acumulados

Cabo Unipolar (cobre) Acumulado						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Variação	Unidade
1,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	1.5 mm ²	730,9	1.167,4	59,73%	m
2,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	2.5 mm ²	818,5	953,2	16,46%	m
3,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	4 mm ²	553,4	568,6	2,74%	m
4,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	6 mm ²	46,8	164,7	251,62%	m
5,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	10 mm ²	19,5	19,5	0,00%	m
6,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	16 mm ²	72,5	14,5	-80,00%	m
7,0	Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexível)	25 mm ²	0,0	58,0	-	m

Fonte: Autoria própria

Verifica-se, através da análise da tabela 12, que houve aumento no consumo de todas seções, com exceção da seção de 16 mm², cujo comprimento total no Projeto 1 era dado exclusivamente pelo circuito de alimentação, e que, no Projeto 2, passou a ser dimensionado com seção de 25 mm². A seção de 6 mm² foi a qual apresentou maior variação entre os projetos analisados, o que se deve principalmente às modificações descritas nas seções 6.1.1, 6.1.2 e 6.1.3, que descrevem adições de circuitos terminais com potências de 6000 W a 7500 W, cujo dimensionamento determinou fiação elétrica de seção circular de 6 mm², resultando no aumento do consumo desse material.

7.2 ELETRODUTO PVC

A tabela que apresenta as quantidades de eletroduto de PVC flexível do tipo leve, bem como dos eletrodutos de PVC pesado está exposta na tabela 13 abaixo:

Tabela 14: Quantitativo de eletrodutos

Eletroduto PVC flexível						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Variação	Unidade
1,0	Eletroduto leve	1"	32,2	36,2	12,46%	m
2,0	Eletroduto leve	3/4"	516,6	697,8	35,07%	m
3,0	Eletroduto pesado	1.1/2"	12,1	12,1	0,00%	m

Fonte: Autoria própria

Através da análise da tabela acima exposta, é possível identificar que houve aumento no consumo de eletrodutos do tipo leve, enquanto o quantitativo de eletrodutos pesados do tipo PEAD de 1.1/2” permaneceu constante, em função de essa especificação ser exclusiva do circuito de alimentação, o qual não houve modificação de percurso entre os dois projetos analisados.

Para os eletrodutos do tipo leve de uma polegada (1”), pode-se verificar um aumento percentual de aproximadamente 12,5%, o que significa em termos absolutos 4 m lineares, o que deve-se ao dimensionamento de um eletroduto que teve sua seção circular insuficiente com a passagem dos circuitos dimensionados no Projeto 2 para o diâmetro base de 3/4”.

O eletroduto de 3/4” teve um acréscimo de 181,2 m na sua quantidade prevista em projeto, representando um aumento de 35,07% entre os dois projetos analisados neste trabalho. Esse aumento ocorreu, principalmente, pela adição de novos componentes no sistema, como novos pontos de força e iluminação, os quais necessariamente têm eletrodutos associados para a passagem da fiação elétrica que alimenta estes pontos.

7.3 DISJUNTORES E DISPOSITIVOS DR

A tabela que apresenta as quantidades de dispositivos de proteção utilizados nos dois projetos analisados neste trabalho está exposta a seguir:

Tabela 15: Quantitativo de dispositivos de proteção

Dispositivo de Proteção						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Varição	Unidade
1,0	Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	50 A - 3 kA	1,0	1,0	0	pç
2,0	Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	63 A - 3 kA	1,0	0,0	-1	pç
3,0	Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	80 A - 3 kA	0,0	1,0	+1	pç
4,0	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	10 A - 3 kA	13,0	17,0	+4	pç
5,0	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	16 A - 3 kA	3,0	4,0	+1	pç
6,0	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	25 A - 3 kA	4,0	4,0	0	pç
7,0	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	40 A - 3 kA	1,0	4,0	+3	pç
8,0	Interruptor bipolar DR (fase/neutro - In 30mA) - DIN	25 A	0,0	10,0	+10	pç
9,0	Interruptor tetrapolar DR (3 fases/neutro - In 30mA) - DIN	63 A	1,0	0,0	-1	pç
10,0	Interruptor tetrapolar DR (3 fases/neutro - In 30mA) - DIN	80 A	1,0	0,0	-1	pç
11,0	Disjuntor corrente contínua - 1 polo (125 Vcc) - DIN	0,5 A - 6 kA	0,0	1,0	+1	pç
12,0	Disjuntor corrente contínua - 1 polo (250 Vcc) - DIN	0,5 A - 6 kA	0,0	1,0	+1	pç
13,0	Dispositivo de proteção contra surto - Corrente contínua - DIN	500 Vcc - 40 KA	0,0	3,0	+3	pç

Fonte: Autoria própria

Através da análise da tabela acima exposta é possível identificar de que forma o consumo dos dispositivos de proteção teve variação entre os dois projetos analisados no presente trabalho.

Em ambos os projetos, foram utilizados apenas um disjuntor tripolar termomagnético com capacidade de 50 A, entretanto, é possível identificar que, no Projeto 1, foi utilizado um disjuntor tripolar termomagnético com capacidade de 63 A, o qual foi substituído por um disjuntor de mesma classificação com capacidade de 80 A no Projeto 2. Com relação aos disjuntores com capacidade de 10 A, utilizados para circuitos com baixa carga instalada, houve uma variação de 4 dispositivos entre os projetos, dados pelo acréscimo de circuitos terminais entre um projeto e outro.

Em relação aos dispositivos DR, há uma diferença em relação à definição utilizada entre os dois projetos analisados neste trabalho. Enquanto no Projeto 1 utilizou-se um dispositivo DR em cada barramento principal, resultando no consumo de interruptores tetrapolares de capacidade de 63 A e 80 A, um para cada quadro de distribuição presente no trabalho; no Projeto 2 utilizou-se um dispositivo DR por agrupamento de circuitos. Esses agrupamentos foram divididos utilizando circuitos que utilizam a mesma fase, portanto, os dispositivos DR, neste projeto, são interruptores bipolares. Além disso, em função de estarem instalados em menos circuitos, foi possível diminuir a sua capacidade nominal, resultando assim na quantidade de 10 dispositivos com capacidade de 25 A, o que não estavam presentes no Projeto 1.

Além dos disjuntores termomagnéticos e dos dispositivos DR, ainda há a inserção de equipamentos para a proteção do sistema fotovoltaico no Projeto 2. Conforme explicado anteriormente na seção específica deste sistema, para a sua correta instalação e operação, são necessários prever disjuntores de corrente contínua, bem como dispositivos de proteção contra surtos (DPS), também para corrente contínua, os quais não estão previstos no Projeto 1, uma vez que este não conta com o sistema fotovoltaico presente no Projeto 2.

7.4 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

A tabela que apresenta a quantidade de quadros de distribuição utilizada nos dois projetos objetos de análise deste trabalho está exposta a seguir:

Tabela 16: Quantitativo de quadros de distribuição

Quadro distrib. plástico - embutir						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Varição	Unidade
1,0	Quadro de distribuição - TIGRE	18/24 Disjuntores - Trifásico	2,0	2,0	0	pç
2,0	Quadro de Dados Voz e Imagem - TIGRE	Quadro VDI - Sem Especificação	0,0	2,0	+2	pç

Fonte: Autoria própria

Pela análise da tabela 15, é possível verificar que não houve alteração na quantidade nem especificação dos quadros de distribuição que foram previstos nos dois projetos. A diferença entre os objetos de análise deste trabalho são os dois quadros do sistema de lógica, presentes apenas no Projeto 2. Neste projeto, conforme seção 6.1.11, foram previstos um quadro em cada pavimento para a distribuição de eletrodutos com o objetivo de prever passagens para cabos de rede embutidas na edificação.

7.5 ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS

A quantidade de acessórios necessários para a instalação dos eletrodutos previstos nos dois projetos que são objetos de análise do presente trabalho está explicitada na tabela a seguir:

Tabela 17: Quantidade de acessórios para eletrodutos

Acessórios p/ eletrodutos						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2		Unidade
1,0	Caixa PVC	4x2"	92,0	111,0	+19	pç
2,0	Caixa PVC octogonal	4"x 4"	47,0	47,0	0	pç
3,0	Caixa de Luz 4"x2"	4"x 2"	0,0	18,0	+18	pç

Fonte: Autoria própria

A partir da tabela acima exposta, é possível verificar que não houve alteração nas caixas de PVC octogonais 4''x4'' utilizadas em projeto, uma vez que, entre os projetos analisados, não houve diferença entre os pontos de iluminação no teto.

As caixas de PVC de 4''x2'' são utilizadas para acomodar e proteger a fiação e as conexões elétricas, e recebe esse nome pois tem dimensões padronizadas de 4 polegadas de altura por 2 polegadas de largura. Essas caixas de PVC são instaladas embutidas na parede, de forma a facilitar a conexão dos eletrodutos e a passagem da fiação para o ponto de utilização, através de uma tampa específica para cada uso, cujas quantidades serão expostas nas próximas seções. É possível, através da análise da tabela, verificar que houve aumento no consumo da

quantidade destes acessórios, dado o aumento dos pontos de força disponibilizados no Projeto 2 quando comparado com o Projeto 1.

Além disso, é possível verificar que, no Projeto 2, estão previstas 18 caixas de PVC específicas para a iluminação nas paredes, através das arandelas nos banheiros e das arandelas de iluminação externas instaladas descritas nas seções 6.1.7 e 6.1.8.

7.6 ACESSÓRIOS PARA PONTOS TERMINAIS

Para cada acessório descrito na seção anterior, é necessária uma placa plástica para revestir, proteger e dar acabamento às instalações elétricas. A quantidade destes acessórios previstos para os dois projetos que compõem os objetos de análise do presente trabalho está descrita na tabela 17:

Tabela 18: Quantitativo de placas para revestimento das caixas PVC

Dispositivo Elétrico - embutido						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Varição	Unidade
1,0	Placa 2x4"	Cigarra	0,0	1,0	+1	pc
2,0	Placa 2x4"	Interruptor 2 simples & paralela - 3 teclas	1,0	1,0	0	pc
3,0	Placa 2x4"	Interruptor paralelo - 1 tecla	3,0	7,0	+4	pc
4,0	Placa 2x4"	Interruptor simples & paralelo - 2 teclas	3,0	3,0	0	pc
5,0	Placa 2x4"	Interruptor simples - 1 tecla	17,0	13,0	-4	pc
6,0	Placa 2x4"	Placa c/ furo	8,0	14,0	+6	pc
7,0	Placa 2x4"	Placa cega	4,0	5,0	+1	pc
8,0	Placa 2x4"	Placa p/ 1 função	45,0	38,0	-7	pc
9,0	Placa 2x4"	Placa p/ 2 funções	10,0	21,0	+11	pc
10,0	Placa 2x4"	Placa p/ 3 funções	1,0	1,0	0	pc
11,0	Placa 2x4"	Pulsador campainha - 1 tecla	0,0	1,0	+1	pc
12,0	Placa 2x4"	Interruptor 1 tecla paralela e tomada hexagonal (NBR14136)	0,0	7,0	+7	pc
13,0	Placa 2x4"	Interruptor 1 tecla simples e tomada hexagonal (NBR14136)	1,0	6,0	+5	pc
14,0	Placa 2x4"	Tomada hexagonal (NBR 14136) (2) 2P+T 10A	9,0	8,0	-1	pc
15,0	Placa 2x4"	Tomada hexagonal (NBR 14136) (3) 2P+T 20A	1,0	1,0	0	pc
16,0	Placa 2x4"	Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	44,0	37,0	-7	pc
17,0	Placa 2x4"	Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	1,0	1,0	0	pc
18,0	Placa 2x4	Tomada redonda RJ45	0,0	6,0	+6	pc

Fonte: Autoria própria

Através da análise da tabela acima, é possível verificar que há, para o Projeto 2, um menor consumo de placas para interruptores simples de 1 tecla, uma vez que, conforme o descrito na seção 6.1.6, foram substituídos alguns interruptores simples por interruptores paralelos associados em ligação do tipo “hotel”. Em cada quarto presente no projeto arquitetônico, para o Projeto 1, foram previstos um interruptor simples de uma tecla ao lado da

porta principal, enquanto no Projeto 2, esses foram substituídos por interruptores paralelos, quantidades essas que podem ser identificados nas linhas 3 e 5 da tabela acima. Além disso, os pontos de tomada atrás das camas, no Projeto 2, passaram a ser pontos com duas funções, tomada e interruptores para o mesmo comando do interruptor paralelo da porta do cômodo. Esse aumento nas placas para duas funções pode ser evidenciado na linha 9 da tabela 17.

Além da variação presente nos acessórios para a rede elétrica, ainda, pode-se evidenciar na tabela 18 a adição de placas para o acabamento de tomadas do tipo RJ45, utilizadas para conexões de cabos de internet, previsto apenas no Projeto 2 na rede de lógica.

7.7 DISPOSITIVOS DE COMANDO

A tabela que apresenta a quantidade de dispositivos de comando utilizada nos dois projetos objetos de análise deste trabalho está exposta a seguir:

Tabela 19: Quantitativo de dispositivos de comando

Dispositivo de Comando						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2		Unidade
1,0	Interruptor autom. por presença	220V - 1200W resistivo	1,0	1,0		pç
2,0	Relé fotoelétrico	fotocélula	0,0	2,0		pç
3,0	Relé temporizado	Simples	0,0	2,0		pç

Fonte: Autoria própria

Através da análise da tabela acima, é possível identificar que o interruptor de presença instalado para o acionamento da iluminação na garagem permaneceu sem alteração entre os dois projetos. Entretanto, conforme o descrito na seção 6.1.7, no Projeto 2 foram previstas fotocélulas e relés de comando para a sua operação, os quais não estavam presentes no Projeto 1, gerando a diferença no consumo de peças acima explicitado.

7.8 ELEMENTOS PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico não foi previsto para o Projeto 1 objeto de estudo do presente trabalho, sendo assim, somente apresenta consumo de materiais para o Projeto 2. A tabela que apresenta a quantidade de materiais previstas para esse sistema está explicitada a seguir:

Tabela 20: Quantitativo de material para o sistema fotovoltaico

Elementos fotovoltaicos						
Nº	Descrição	Item	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2		Observação
1,0	Conector MC4 - Fêmea	4 mm ² - 39A - 1500V DC	0,0	6,0		pç
2,0	Conector MC4 - Macho	4 mm ² - 39A - 1500V DC	0,0	6,0		pç
3,0	Inversores fotovoltaicos	Inversor monofásico 2000W - 1SPMP (220V)	0,0	1,0		pç
4,0	Módulo fotovoltaico - Monocristalino - 170 x 99,2 x 3,5 cm	330W	0,0	6,0		pç

Fonte: Autoria própria

A partir da análise da tabela acima, é possível evidenciar a quantidade de módulos fotovoltaicos conforme o descrito na seção 6.1.12, assim como o inversor fotovoltaico. Além destes equipamentos, estão previstos em projeto conectores do tipo “macho” e do tipo “fêmea” para a conexão da fiação elétrica.

8 COMPARATIVO ENTRE ORÇAMENTOS

De acordo com o decreto 7983/2013, a tabela SINAPI é obrigatória para obras e serviços de engenharia contratados com recursos da União, e também podem ser utilizadas para obras privadas como referência na confecção de orçamentos.

A Caixa Econômica Federal disponibiliza uma página na web exclusiva para a consulta desse material, agrupado em um sumário de publicações. As tabelas são revisadas mensalmente e individualmente para cada estado do país. Além disso, é possível, para um mesmo mês e estado de referência, escolher entre a tabela desonerada ou não desonerada.

Na tabela desonerada, os custos de mão de obra não possuem encargos sociais referentes à contribuição de 20% de INSS sobre a folha de pagamento, enquanto na tabela não desonerada, há a incidência de encargos sociais referente à contribuição de 20% de INSS sobre a folha de pagamento.

A aplicação de encargos sociais sobre a mão-de-obra está em conformidade com a Lei Federal nº 12.844/2013, sendo a adoção do regime de desoneração uma decisão da administração da empresa em caso de obras privadas. Por isso, para a elaboração dos orçamentos objetos de estudo do presente trabalho, foi adotada a tabela SINAPI do mês de referência de outubro de 2023, para o estado do Rio Grande do Sul, sendo a tabela desonerada.

De forma a facilitar a análise comparativa dos dados obtidos, foram elaborados quadros e gráficos que ilustram as variações nos consumos e orçamentos dos materiais utilizados nos objetos de estudo deste trabalho. Foram evidenciadas as diferenças de preço entre os dois projetos propostos para cada grupo de itens de forma independente.

8.1 CONDUTORES ELÉTRICOS

A tabela que apresenta os orçamentos realizados para as quantidades de cabos unipolares previamente apresentadas está explicitada abaixo:

Tabela 21: Orçamento de cabos unipolares

Cabo Unipolar (cobre)										
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Variação	
91924	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 1,5 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF. 03/2023	730,9	1.167,4	R\$ 1,99	R\$ 0,95	R\$ 2.148,79	R\$ 3.432,16	R\$ 1.283,37	59,73%	
91926	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 2,5 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF. 03/2023	818,5	953,2	R\$ 3,05	R\$ 1,19	R\$ 3.470,44	R\$ 4.041,57	R\$ 571,13	16,46%	
91928	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 4 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF. 03/2023	553,4	568,6	R\$ 4,94	R\$ 1,61	R\$ 3.624,90	R\$ 3.724,33	R\$ 99,43	2,74%	
91930	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 6 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF. 03/2023	46,8	164,7	R\$ 7,02	R\$ 2,10	R\$ 427,18	R\$ 1.502,06	R\$ 1.074,88	251,62%	
92979	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 10 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA CIRCUITOS TERMINAIS - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF. 12/2015	19,5	19,5	R\$ 10,29	R\$ 0,37	R\$ 207,87	R\$ 207,87	R\$ -	0,00%	
92981	CABO DE COBRE FLEXÍVEL ISOLADO, 16 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, PARA DISTRIBUIÇÃO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	72,5	14,5	R\$ 14,69	R\$ 0,54	R\$ 1.104,18	R\$ 220,84	R\$ 883,34	-80%	
101888	CABO DE COBRE ISOLADO, 25 MM ² , ANTI-CHAMA 450/750 V, INSTALADO EM ELETROCALHA OU PERFILADO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	0,0	58,0	R\$ 22,89	R\$ 0,49	R\$ -	R\$ 1.356,04	R\$ 1.356,04	-	
RESUMO CABO UNIPOLAR (COBRE)						R\$ 10.983,35	R\$ 14.484,86	R\$ 3.501,51	31,88%	

Fonte: Autoria própria.

Analisando-se os valores da tabela 21, nota-se que os cabos unipolares de seção circular de 1,5 mm² e 6 mm² foram os que apresentaram maiores variações em valores absolutos entre os dois projetos analisados. Também, é possível verificar que houve variação negativa para a seção circular de 16 mm², uma vez que o Projeto 2 estudado neste projeto não utiliza essa seção para o circuito de alimentação, apenas para o aterramento, ao mesmo tempo que utiliza a seção de 25 mm² para o circuito de alimentação.

A variação total entre os objetos de estudo deste trabalho, em termos absolutos, para os cabos unipolares foi de R\$ 3.501,51, representando um acréscimo de 31,88% quando em termos percentuais.

8.2 CONDUTOS

A tabela que apresenta os orçamentos realizados para as quantidades de eletrodutos de PVC utilizados nos projetos objetos de estudo deste trabalho está exposta a seguir:

Tabela 22: Orçamento de condutos

Eletroduto PVC flexível									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Variação
91837	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO REFORÇADO, PVC, DN 32 MM (1"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	32,2	36,2	R\$ 17,97	R\$ 10,15	R\$ 905,18	R\$ 1.017,94	R\$ 112,76	12,46%
91835	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO REFORÇADO, PVC, DN 25 MM (3/4"), PARA CIRCUITOS TERMINAIS, INSTALADO EM FORRO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	516,6	697,8	R\$ 12,43	R\$ 9,58	R\$ 11.371,25	R\$ 15.358,58	R\$ 3.987,33	35,07%
97667	ELETRODUTO FLEXÍVEL CORRUGADO, PEAD, DN 50 (1 1/2"), PARA REDE ENTERRADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2021	12,1	12,1	R\$ 7,64	R\$ 2,77	R\$ 125,96	R\$ 125,96	R\$ -	0,00%
RESUMO ELETRODUTO PVC FLEXÍVEL:						R\$ 12.402,39	R\$ 16.502,48	R\$ 4.100,09	33,06%

Fonte: Autoria própria.

Através da análise da tabela acima, é possível verificar que, como não houve variação no consumo de eletroduto flexível corrugado PEAD com diâmetro nominal de 50 mm, o orçamento permaneceu constante para este item em ambos os projetos estudados. Para o item eletroduto flexível corrugado reforçado de PVC diâmetro nominal de 32 mm pode-se verificar uma pequena variação percentual, bem como em termos absolutos, uma vez que as quantidades consumidas variaram pouco entre os dois projetos estudados. Para o item eletroduto flexível corrugado reforçado de PVC com diâmetro nominal de 25 mm, pode-se verificar o maior consumo entre os itens classificados como condutos, representando, portanto, a parcela mais significativa em relação ao orçamento destes itens.

A variação total, para este grupo de materiais utilizados em projeto, em termos absolutos foi de R\$ 4.100,09, representando uma variação percentual de 33,06% entre os objetos de estudo.

8.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

A tabela que apresenta os orçamentos realizados para as quantidades de dispositivos de proteção utilizadas está exposta a seguir:

Tabela 23: Orçamento dos dispositivos de proteção

Dispositivo de Proteção									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Varição
93673	DISJUNTOR TRIPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 50A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	1,0	1,0	R\$ 68,62	R\$ 23,39	R\$ 92,01	R\$ 92,01	R\$ -	0,00%
101894	DISJUNTOR TRIPOLAR TIPO NEMA, CORRENTE NOMINAL DE 60 ATÉ 100A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	1,0	0,0	R\$ 114,96	R\$ 32,36	R\$ 147,32	R\$ -	-R\$ 147,32	-100,00%
101894	DISJUNTOR TRIPOLAR TIPO NEMA, CORRENTE NOMINAL DE 60 ATÉ 100A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	0,0	1,0	R\$ 114,96	R\$ 32,36	R\$ -	R\$ 147,32	R\$ 147,32	-
93653	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 10A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	13,0	17,0	R\$ 9,43	R\$ 1,45	R\$ 141,44	R\$ 184,96	R\$ 43,52	30,77%
93654	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 16A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	3,0	4,0	R\$ 9,56	R\$ 1,96	R\$ 34,56	R\$ 46,08	R\$ 11,52	33,33%
93656	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 25A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	4,0	4,0	R\$ 10,12	R\$ 2,73	R\$ 51,40	R\$ 51,40	R\$ -	0,00%
93658	DISJUNTOR MONOPOLAR TIPO DIN, CORRENTE NOMINAL DE 40A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	1,0	4,0	R\$ 15,13	R\$ 5,57	R\$ 20,70	R\$ 82,80	R\$ 62,10	300,00%
0041	DISPOSITIVO DR, 2 POLOS, SENSIBILIDADE DE 30 MA, CORRENTE DE 25 A, TIPO AC - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016	0,0	10,0	R\$ 127,31	R\$ 7,50	R\$ -	R\$ 1.348,10	R\$ 1.348,10	-
0040	DISPOSITIVO DR, 4 POLOS, SENSIBILIDADE DE 30 MA, CORRENTE DE 63 A, TIPO AC - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016	1,0	0,0	R\$ 148,93	R\$ 11,25	R\$ 160,18	R\$ -	-R\$ 160,18	-
0040	DISPOSITIVO DR, 4 POLOS, SENSIBILIDADE DE 30 MA, CORRENTE DE 80 A, TIPO AC - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_04/2016	1,0	0,0	R\$ 148,93	R\$ 11,25	R\$ 160,18	R\$ -	-R\$ 160,18	-
RESUMO DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO:						R\$ 807,79	R\$ 1.952,67	R\$ 1.144,88	141,73%

Fonte: Autoria própria.

Analisando-se os valores da tabela 23, é possível verificar que os componentes que tiveram maior influência na variação do orçamento referente aos dispositivos de proteção utilizados nos projetos foram os dispositivos DR. Pelo fato do Projeto 2 ter um consumo maior destes dispositivos, evidencia-se uma diferença de R\$ 1.952,67 entre os dois projetos estudados neste presente trabalho, valor que significa uma variação de 141,73% para este grupo de itens.

8.4 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

A tabela que apresenta os orçamentos realizados para os quadros de distribuição utilizados nos objetos de estudo do presente trabalho está explicitada abaixo:

Tabela 24: Orçamento de quadros de distribuição

Quadro distrib. plástico - embutir									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Varição
101946	QUADRO DE MEDIÇÃO GERAL DE ENERGIA PARA 1 MEDIDOR DE SOBREPOR - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	1,0	1,0	R\$ 104,60	R\$ 62,76	R\$ 167,36	R\$ 167,36	R\$ -	0,00%
101879	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO, DE EMBUTIR, COM BARRAMENTO TRIFÁSICO, PARA 24 DISJUNTORES DIN 100A - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_10/2020	2,0	2,0	R\$ 580,34	R\$ 20,92	R\$ 1.202,52	R\$ 1.202,52	R\$ -	0,00%
100560	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PARA TELEFONE N.2, 20X20X12CM EM CHAPA METÁLICA, DE EMBUTIR, SEM ACESSÓRIOS, PADRÃO TELEBRAS, FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	0,0	2,0	R\$ 77,54	R\$ 31,48	R\$ -	R\$ 218,04	R\$ 218,04	-
RESUMO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PLÁSTICO - EMBUTIR						R\$ 1.369,88	R\$ 1.587,92	R\$ 218,04	15,92%

Fonte: Autoria própria.

A partir da tabela 24, é possível verificar que não há diferença significativa em termos percentuais, bem como em termos absolutos para o consumo entre quadros de distribuição plásticos utilizados nos dois projetos estudados, uma vez que só há diferença no que diz respeito à adição de dois quadros plásticos para a distribuição de redes de dados, voz e internet. A

variação percentual entre os projetos foi de 15,92%, o que representa uma diferença de R\$ 218,04.

8.5 ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS

A partir das quantidades levantadas de acessórios para eletrodutos, realizou-se a tabela 25 que está exposto abaixo:

Tabela 25: Orçamento de acessórios para eletrodutos

Acessórios p/ eletrodutos									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Variação
11940	CAIXA RETANGULAR 4" X 2" MÉDIA (1,30 M DO PISO), PVC, INSTALADA EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	92,0	129,0	R\$ 6,21	R\$ 12,12	R\$ 1.685,99	R\$ 2.364,05	R\$ 678,06	40,22%
11936	CAIXA OCTOGONAL 4" X 4", PVC, INSTALADA EM LAJE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	47,0	47,0	R\$ 9,00	R\$ 9,15	R\$ 852,74	R\$ 852,74	R\$ -	0,00%
RESUMO ACESSÓRIOS PARA ELETRODUTOS:						R\$ 2.538,73	R\$ 3.216,79	R\$ 678,06	26,71%

Fonte: Autoria própria.

É possível verificar através da tabela acima que houve uma variação de 26,71% entre os orçamentos realizados para os projetos objetos de estudo deste trabalho, o que representa uma diferença de R\$ 678,06 para esses itens.

8.6 ACESSÓRIOS PARA TERMINAIS

A partir dos quantitativos realizados na seção 7.6, elaborou-se a tabela abaixo, que se refere ao orçamento destes itens para os Projetos 1 e 2 estudados neste trabalho. A tabela está exposta a seguir:

Tabela 26: Orçamento para dispositivos elétricos

Dispositivo Elétrico - embutido									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Variação
1987	CAMPAINHA CIGARRA (1 MÓDULO), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	0,0	1,0	R\$ 34,33	R\$ 20,15	R\$ -	R\$ 54,48	R\$ 54,48	-
1965	INTERRUPTOR SIMPLES (2 MÓDULOS) COM INTERRUPTOR PARALELO (1 MÓDULO), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	1,0	1,0	R\$ 43,01	R\$ 32,30	R\$ 75,31	R\$ 75,31	R\$ -	0,00%
1955	INTERRUPTOR PARALELO (1 MÓDULO), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	3,0	7,0	R\$ 21,85	R\$ 18,34	R\$ 120,57	R\$ 281,33	R\$ 160,76	133,33%
1963	INTERRUPTOR SIMPLES (1 MÓDULO) COM INTERRUPTOR PARALELO (2 MÓDULOS), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	3,0	3,0	R\$ 46,59	R\$ 35,81	R\$ 247,20	R\$ 247,20	R\$ -	0,00%
1953	INTERRUPTOR SIMPLES (1 MÓDULO), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	17,0	13,0	R\$ 18,28	R\$ 14,83	R\$ 562,87	R\$ 430,43	R\$ 132,44	-23,53%
1946	SUPORTE PARAFUSADO COM PLACA DE ENCAIXE 4" X 2" MÉDIO (1,30 M DO PISO) PARA PONTO ELÉTRICO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	64,0	74,0	R\$ 7,01	R\$ 5,27	R\$ 785,92	R\$ 908,72	R\$ 122,80	15,63%
1945	SUPORTE PARAFUSADO COM PLACA DE ENCAIXE 4" X 2" ALTO (2,00 M DO PISO) PARA PONTO ELÉTRICO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	4,0	5,0	R\$ 7,66	R\$ 7,70	R\$ 61,44	R\$ 76,80	R\$ 15,36	25,00%
1985	INTERRUPTOR PULSADOR CAMPAINHA (1 MÓDULO), 10A/250V, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	0,0	1,0	R\$ 16,87	R\$ 14,83	R\$ -	R\$ 31,70	R\$ 31,70	-
12027	INTERRUPTOR SIMPLES (2 MÓDULOS) COM 1 TOMADA DE EMBUTIR 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	0,0	7,0	R\$ 41,57	R\$ 32,30	R\$ -	R\$ 517,09	R\$ 517,09	-
12023	INTERRUPTOR SIMPLES (1 MÓDULO) COM 1 TOMADA DE EMBUTIR 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	1,0	6,0	R\$ 30,99	R\$ 25,30	R\$ 56,29	R\$ 337,74	R\$ 281,45	500,00%
12008	TOMADA BAIXA DE EMBUTIR (2 MÓDULOS), 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	9,0	8,0	R\$ 31,47	R\$ 22,62	R\$ 486,81	R\$ 432,72	R\$ 54,09	-11,11%
12012	TOMADA MÉDIA DE EMBUTIR (3 MÓDULOS), 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	1,0	1,0	R\$ 45,84	R\$ 39,31	R\$ 85,15	R\$ 85,15	R\$ -	0,00%
1996	TOMADA MÉDIA DE EMBUTIR (1 MÓDULO), 2P+T 10 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	44,0	37,0	R\$ 20,41	R\$ 18,34	R\$ 1.705,00	R\$ 1.433,75	R\$ 271,25	-15,91%
12001	TOMADA BAIXA DE EMBUTIR (1 MÓDULO), 2P+T 20 A, INCLUINDO SUPORTE E PLACA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_03/2023	1,0	1,0	R\$ 22,36	R\$ 15,24	R\$ 37,60	R\$ 37,60	R\$ -	0,00%
18307	TOMADA DE REDE RJ45 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2019	0,0	6,0	R\$ 47,59	R\$ 8,50	R\$ -	R\$ 336,54	R\$ 336,54	-
RESUMO DISPOSITIVO ELÉTRICO - EMBUTIDO						R\$ 4.224,16	R\$ 5.286,56	R\$ 1.062,40	25,15%

Fonte: Autoria própria.

É possível, através da análise da tabela acima exposta, verificar que dentre todos os itens levantados e orçados para esse grupo, o item que estabelece a maior diferença de valores são os interruptores simples de 2 teclas com uma tomada, representando R\$ 517,09 de diferença entre os orçamentos realizados. No montante geral, é possível verificar uma diferença ainda maior, de R\$ 1.062,40, o que representa em termos percentuais uma variação de 25,15% entre o orçamento realizado para os itens utilizados no Projeto 1 e 2.

8.7 DISPOSITIVOS DE COMANDO

A tabela que apresenta os orçamentos realizados para os itens referentes aos dispositivos de comando utilizados nos projetos objetos de estudo deste trabalho está exposta a seguir:

Tabela 27: Orçamento para dispositivos de comando

Dispositivo de Comando									
Composição SINAPI	Descrição	Quantidade Projeto 1	Quantidade Projeto 2	Preço Material Unitário	Preço Execução Unitário	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Diferença	Variação
17596	SENSOR DE PRESENÇA SEM FOTOCÉLULA, FIXAÇÃO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	1,0	1,0	R\$ 63,05	R\$ 17,26	R\$ 80,31	R\$ 80,31	R\$ -	0,00%
17595	SENSOR DE PRESENÇA COM FOTOCÉLULA, FIXAÇÃO EM PAREDE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_02/2020	0,0	2,0	R\$ 99,24	R\$ 17,26	R\$ -	R\$ 233,00	R\$ 233,00	-
01632	RELÉ FOTOELÉTRICO PARA COMANDO DE ILUMINAÇÃO EXTERNA 1000 W - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2020	0,0	2,0	R\$ 43,18	R\$ 0,69	R\$ -	R\$ 87,74	R\$ 87,74	-
RESUMO DISPOSITIVO DE COMANDO:						R\$ 80,31	R\$ 401,05	R\$ 320,74	399,38%

Fonte: Autoria própria.

É possível, através da análise da tabela acima, verificar que há uma variação grande em termos percentuais, de aproximadamente 400%, entretanto, esta variação percentual não representa uma quantia grande em termos absolutos, significando apenas R\$ 320,74, uma vez que não são utilizados muitos dispositivos de comando nos projetos estudados para a elaboração deste trabalho.

9 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a análise e comparação global dos orçamentos, elaborou-se uma tabela-resumo que apresenta, de forma sintética, os subcapítulos acima apresentados.

Tabela 28: Comparativo global

RESUMO			
Macro	Preço Total Projeto 1	Preço Total Projeto 2	Variação
Cabo Unipolar (Cobre)	R\$ 10.983,35	R\$ 14.484,86	31,88%
Eletroduto PVC Flexível	R\$ 12.402,39	R\$ 16.502,48	33,06%
Dispositivo de Proteção	R\$ 807,79	R\$ 1.952,67	141,73%
Acessório Para Eletrodutos	R\$ 2.538,73	R\$ 3.216,79	26,71%
Dispositivo Elétrico - Embutido	R\$ 4.224,16	R\$ 5.286,56	25,15%
Dispositivo de Comando	R\$ 80,31	R\$ 401,05	399,38%
Quadros de Distribuição	R\$ 1.369,88	R\$ 1.587,92	15,92%
TOTAL:	R\$ 32.406,61	R\$ 43.432,33	34,02%

Fonte: Autoria própria.

Através da análise da tabela acima exposta, é possível verificar alguns aspectos importantes no que diz respeito aos grupos de itens identificados. Em ambos projetos, os eletrodutos flexíveis tiveram a maior contribuição para o montante do orçamento, representando cerca de 38% do orçamento total de cada projeto. Logo em seguida, o segundo grupo de itens que tem maior representação nos orçamentos realizados são os cabos unipolares de cobre, que representam aproximadamente 34% e 33% para o Projeto 1 e para o Projeto 2, respectivamente. Somados os percentuais desses itens, representam quantia importante do orçamento total de ambos os projetos, ou seja, para o Projeto 1, representa R\$ 23.385,74 para o total de R\$ 32.406,61, significando 72,16% do valor total orçamento dele. Para o Projeto 2, o

somatório dos valores orçados para estes dois grupos de itens representa R\$ 30.987,34 para o total de R\$ 43.432.33, significando 71,34% do valor total orçado do projeto em questão.

Destaca-se, na tabela acima, dois grupos com variações acima dos demais, sendo eles os dispositivos de proteção e os dispositivos de comando. Entretanto, embora apresentem uma variação percentual elevada quando comparada aos demais, em termos absolutos essa variação não é muito significativa, uma vez que o somatório dos valores orçados para esses grupos de itens representa R\$ 888,10 e R\$ 2.353,72 para os Projetos 1 e 2, respectivamente. Esses valores significam 2,74% e 5,41% para o orçamento global dos respectivos projetos. Portanto, embora em termos percentuais apresentem uma grande variação, quando ponderados em relação ao seu peso no montante global, não representam um acréscimo significativo na variação total entre os dois orçamentos analisados neste trabalho.

É possível verificar, também, na tabela acima que a diferença total entre os dois orçamentos realizados neste trabalho foi de R\$ 11.025,72, representando uma variação de 34,02% quando comparados entre si. De modo geral, pode-se verificar que essa variação é semelhante às variações para os grupos de itens que representam uma parcela maior de cada orçamento, como os cabos unipolares e os eletrodutos flexíveis.

10 CONCLUSÕES E ADENDOS

10.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos quadros e valores obtidos para o consumo de materiais e seus respectivos orçamentos nos dois projetos estudados neste trabalho, pode-se concluir que o Projeto 2 apresentou um consumo maior de todos os materiais levantados, bem como um orçamento global maior do que o Projeto 1. Isso ocorre devido à todas as modificações previamente abordadas que acrescentaram cargas e pontos terminais no Projeto 2.

De forma complementar, a tomada de decisão entre os sistemas propostos no âmbito do consumo de materiais e seus respectivos orçamentos pode gerar impactos importantes no dimensionamento global dos projetos, visto que são geradas alterações nas cargas gerais provenientes dos circuitos terminais, sendo estes distribuídos em todos o sistema elétrico, até a alimentação elétrica.

10.2 ADENDOS

É importante ressaltar que o presente trabalho não proporciona uma conclusão definitiva a respeito da viabilidade econômica entre os sistemas analisados. A análise realizada levou em consideração apenas os materiais e suas respectivas quantidades e orçamentos utilizados na

infraestrutura do sistema elétrico, não havendo uma correlação entre isso e o valor total de cada sistema. Para que seja feita uma tomada de decisão mais adequada, também deve-se levar em consideração fatores como tempo de execução, valores dos equipamentos elétricos utilizados, restrições de projeto, etc.

Ainda, é importante levantar que devido à disponibilidade de tempo para a realização do trabalho, a abordagem foi limitada ao estudo de apenas uma residência, levando em consideração os aspectos particulares desta edificação específica. Para uma abordagem global do estudo realizado neste trabalho, deve-se analisar uma amostragem maior de residências, buscando contemplar todas as particularidades presentes nas diferentes edificações.

10.3 TRABALHOS FUTUROS

São possíveis continuações para este trabalho, a sua expansão para mais modelos de residências unifamiliares, bem como edificações multifamiliares e edificações de uso comercial. Além disso, pode-se replicar o estudo com as novas atualizações da NBR 5410.

REFERÊNCIAS

- ALTO QI. Disponível em: < <https://altoqi.com.br/> >. Acesso em: 24 de out. 2023
- ALVES, Marliana de Oliveira Lages. **Energia solar**: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Colegiado do Curso de Engenharia Elétrica, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS E PROFISSIONAIS DE PISCINAS. **Pesquisa de Mercado 2023**: base 2022. São Paulo, 2023.
- BENVEGNÚ, Felipe Poletto. **Projeto elétrico aliado ao sistema de microgeração de energia fotovoltaica**: estudo de viabilidade técnica e econômica. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- BROD, Ana Luiza Pereira. **Estudo de viabilidade técnica para projeto fotovoltaico em um condomínio residencial em Lajeado-RS**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Correspondência Entre NBR 15.965 E Insumos Do SINAPI: Metodologia Caixa**. Disponível em: < https://www.caixa.gov.br/Downloads/%E2%80%8Bsinapi-correspondencia-com-a-nbr-15965/Correspondencia_SINAPI_com_NBR_15965_Metodologia.pdf >. Acesso em: 27 de out. 2023
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sobre o SINAPI**: Referências de preços e custos. Disponível em: < <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx> >. Acesso em: 24 de out. 2023.
- COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araujo. **Orçamento de Obras Prediais**. São Luís: Editora UEMA, 2001.
- CPFL Energia. **Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição**. Disponível em: < <https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/GED-13.pdf> >. Acesso em: 07 de out. 2023.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétrica**. 16. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- FORMOSO, Carlos Torres; HIROTA, Ercília Hitomi; SAFFARO, Fernanda Aranha; SILVA, Maria Angélica Covelo. **Estimativa de Custos de Obras de Edificação**. Caderno de Engenharia n.9. Porto Alegre: UFRGS/CPGEC, 1986.
- GROWATT. **Manual de Instalação e Operação**. Santo André, 2022.

HAAS, Günther. **Estudo de caso:** avaliação do custo-benefício de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

KONRAD, Roitter Magalhães. **Dimensionamento de sistema fotovoltaico aplicado à edificações prediais.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais.** 12. Ed. São Paulo: Érica, 2011.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos de Obras.** Rio de Janeiro: LTC, 1997.

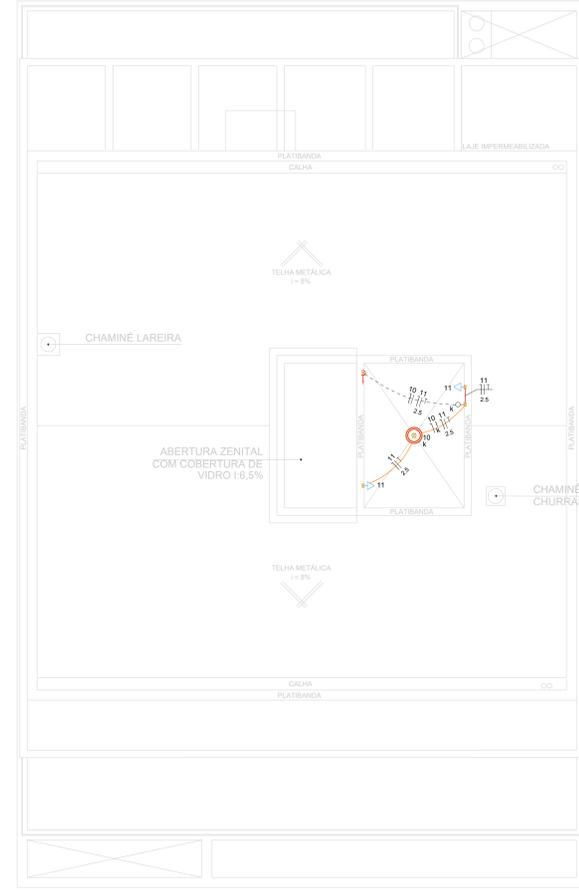
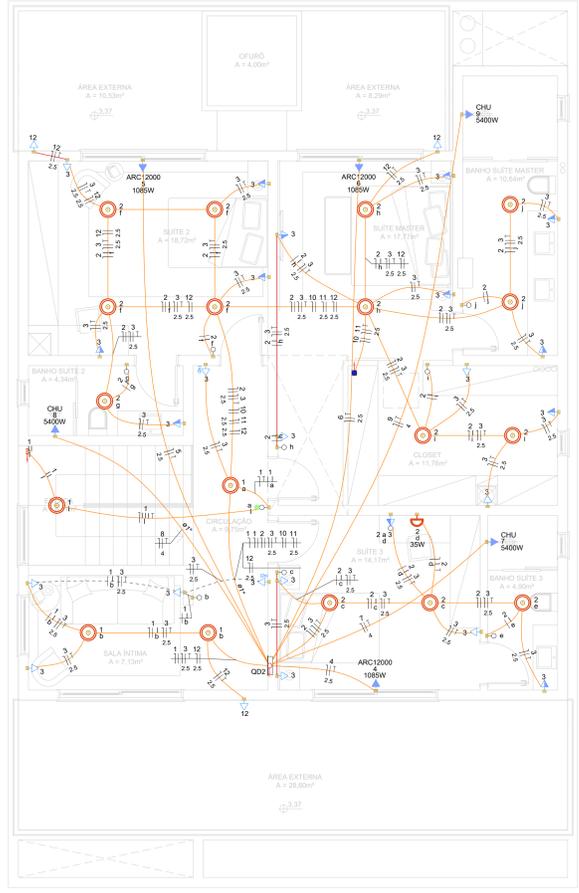
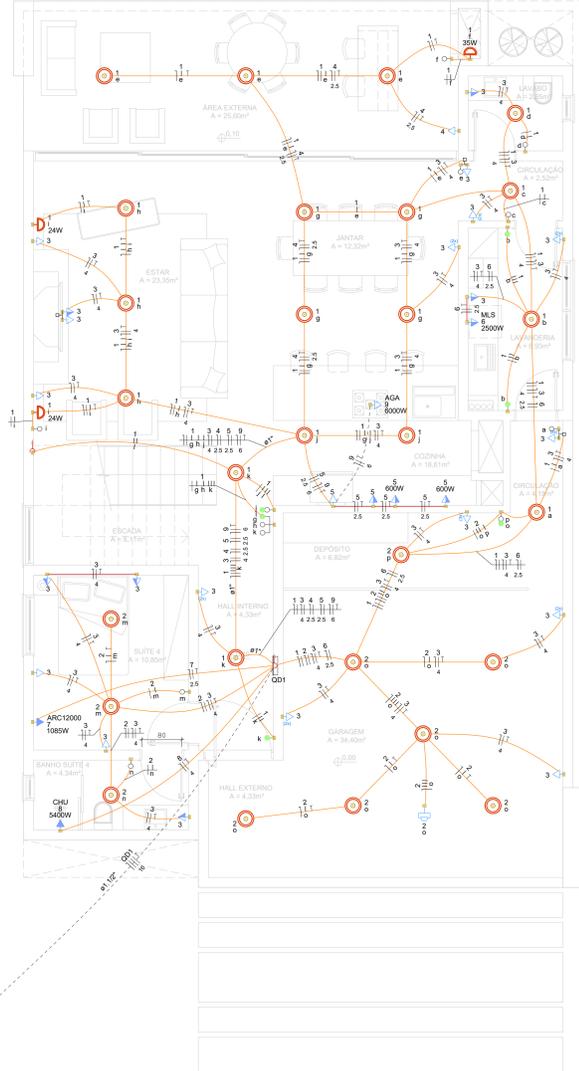
SIEMENS. **Catálogo Disjuntores Siemens.** São Paulo, 2010.

WEG. **Módulos Fotovoltaicos WPV.** Disponível em:

<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Controle-Industrial/Drives/M%C3%B3dulos-e-Inversores-Fotovoltaicos/M%C3%B3dulos-Fotovoltaicos-WPV/c/BR_WDC_SOLAR_MODULES_WPV_HMM?h=94ea6c73>. Acesso em: 12 de out. 2023.

ANEXO A – Projeto 1

Legenda das instalações - TERREJO	
AGA	Pontos de força - Uso específico - Aquecedor água - passagem - baixa
CHU	Pontos de força - Uso específico - Chuveiro 5400 W
ARC12000	Pontos de força - Uso específico - Condicionador de ar Split 12000BTU
M.S	Pontos de força - Uso específico - Máquina Lavar e Seca roupa

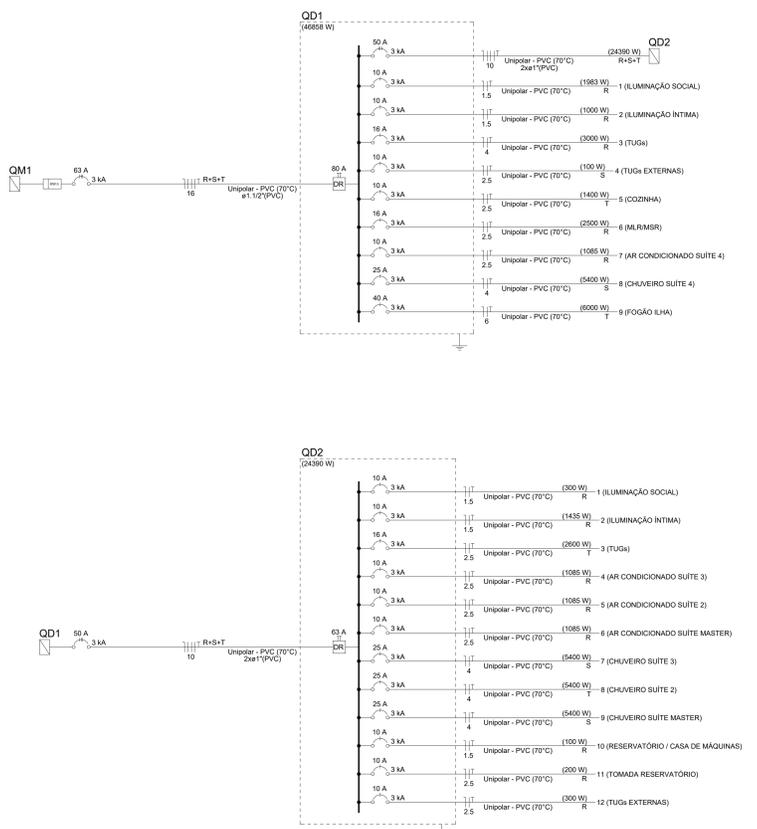
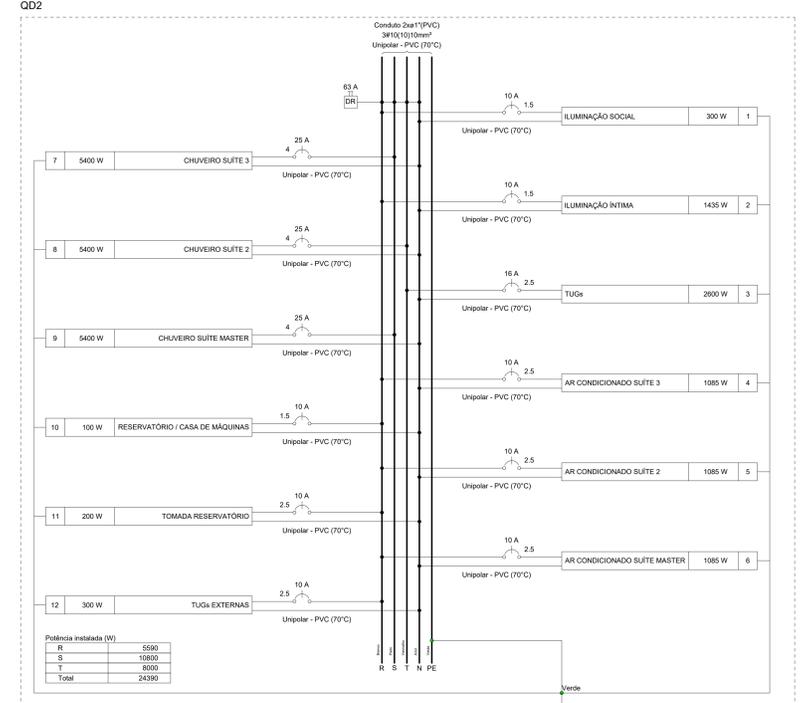
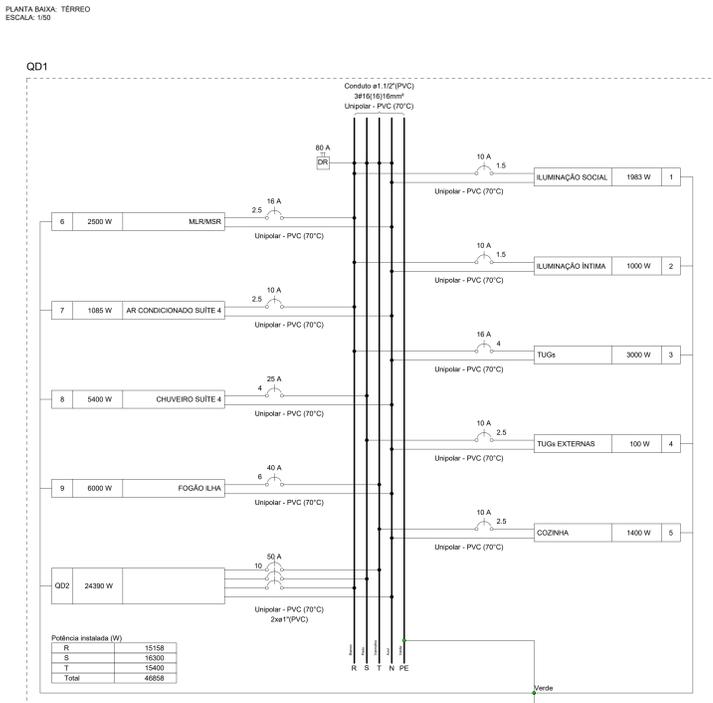


Legenda - TERREJO	
2	Tomadas baixas a 0,30m do piso
3	Tomadas baixas a 0,30m do piso
4	Caixa 2x4" de embutir
5	Entrada de serviço
6	Interruptor 1 simples e 1 paralelo - 1,20m do piso
7	Interruptor paralelo 1 tecla - 1,20m do piso
8	Interruptor sensor de presença junto ao forno
9	Interruptor simples 1 tecla - 1,20m do piso
10	Ponto genérico de luz 100W
11	Ponto genérico de luz 24W
12	Ponto genérico de luz 35W

Legenda de condutas - TERREJO	
—	Estrica
—	Dreta
—	Tubo
—	Piso

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm²)	Dij (m)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	1983	R	1983			9,0	1,5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1000	R	1000			4,5	1,5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	3000	R	3000			15,2	4	16
4	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	100	S		100		0,5	2,5	10
5	COZINHA	F+N+T	220 V	1400	T			1400	7,1	2,5	10
6	MLRMSR	F+N+T	220 V	2500	R	2500			12,6	2,5	16
7	AR CONDICIONADO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5	10
8	CHUVEIRO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24,5	4	25
9	FOGÃO LHA	F+N+T	220 V	6000	T			6000	34,1	6	40
QD2		3F+N+T	380/220 V	24390	R+S+T	5590	10800	8000	49,1	10	50
TOTAL				48858	R+S+T	15158	16300	15400			

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm²)	Dij (m)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	300	R	300			1,4	1,5	10
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1435	R	1435			6,5	1,5	10
3	TUGs	F+N+T	220 V	2600	T			2600	13,1	2,5	16
4	AR CONDICIONADO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5	10
5	AR CONDICIONADO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5	10
6	AR CONDICIONADO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5	10
7	CHUVEIRO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24,5	4	25
8	CHUVEIRO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24,5	4	25
9	CHUVEIRO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24,5	4	25
10	RESERVATÓRIO / CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	100	R	100			0,5	1,5	10
11	TOMADA RESERVATÓRIO	F+N+T	220 V	200	R	200			1,0	2,5	10
12	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	300	R	300			1,5	2,5	10
TOTAL				24390	R+S+T	5590	10800	8000			



PROJETO_1

Data: NOVEMBRO/23
 Desenho: VICTOR
 Escala: INDICADA
 Projeto: ELÉTRICO
 Prancha:

Localização: _____
 Proprietário: _____

01/02

PLANTA_BAIXA_ELÉTRICO

XXXX_ELE_001_R00

ANEXO B – Projeto 2

Legenda das instalações - TERREO

AGA	Pontos de força - Uso específico - Aquecedor água - passagem - baixa
CHU	Pontos de força - Uso específico - Chuveiro 5400 W
CCE	Pontos de força - Uso específico - Carregador Carro Elétrico 7500 W
ARC12000	Pontos de força - Uso específico - Condicionador de ar Split 12000BTU
ARC18000	Pontos de força - Uso específico - Condicionador de ar Split 18000BTU
MOT	Pontos de força - Uso específico - Espuma para Motor
MCS	Pontos de força - Uso específico - Máquina Lavar e Secar roupa
FTC	Relé fotoelétrico - Foculotula

Legenda - TERREO

- 2 Tomadas baixas a 0,30m do piso
- 3 Tomadas altas a 0,30m do piso
- Caixa 2x4" de embutir
- Caixa de passagem 200x200x100 no piso
- Cigarra a 2,20m do piso
- Entrada de serviço
- Espera para rede lógica a 0,30m do piso
- Foculotula
- Interruptor 2 simples e 1 paralelo - 1,20m do piso
- Interruptor intermediário 1 secc - 1,20m do piso
- Interruptor paralelo 1 secc - 1,20m do piso
- Interruptor paralelo e Tomada hexagonal a 1,20m do piso
- Interruptor sensor de presença junto ao forro
- Interruptor simples 1 secc - 1,20m do piso
- Interruptor simples e Tomada hexagonal a 1,20m do piso
- Inversor - monofásico - 2000W - 18SPAP
- Ponto genérico de luz 100W
- Ponto genérico de luz 24W
- Platbanda de campanha 1 secc - 1,20m do piso

Quadro de distribuição

- Tomada alta a 2,20m do piso
- Tomada baixa a 0,30m do piso
- Tomada média a 1,10m do piso
- Tomada média a 1,20m do piso

Legenda de condutas - TERREO

Elétrica	Direta
	Teto
	Piso
Lógica	Piso

Quadro de Cargas (INV1) - TERREO

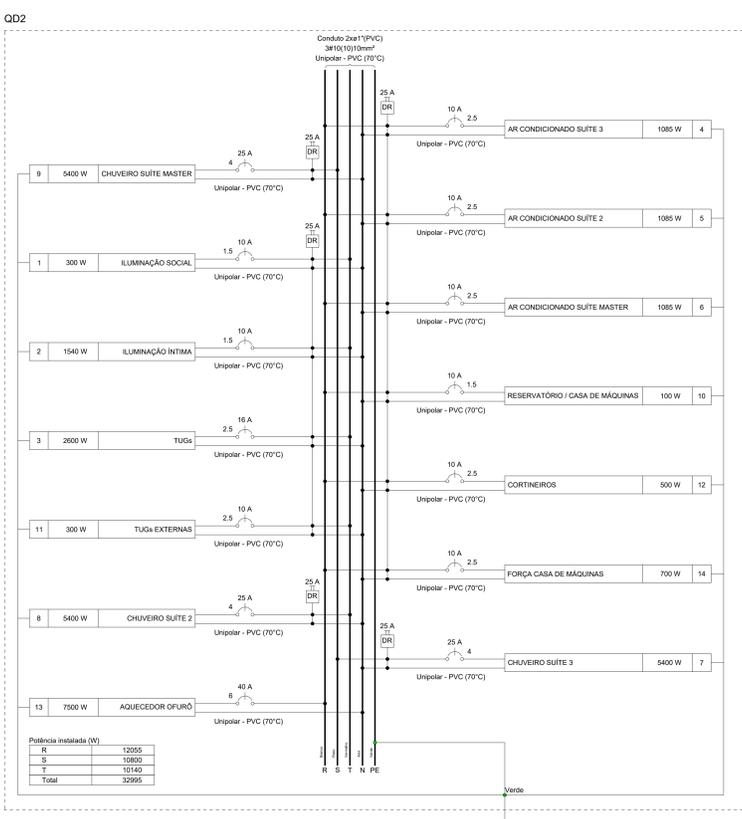
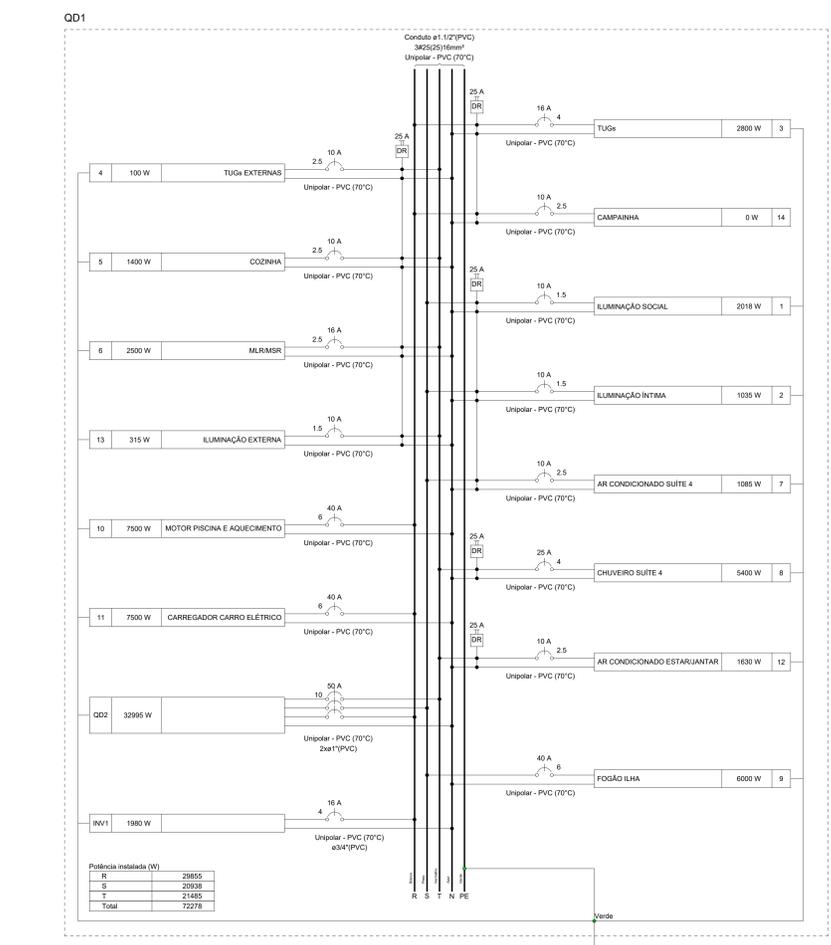
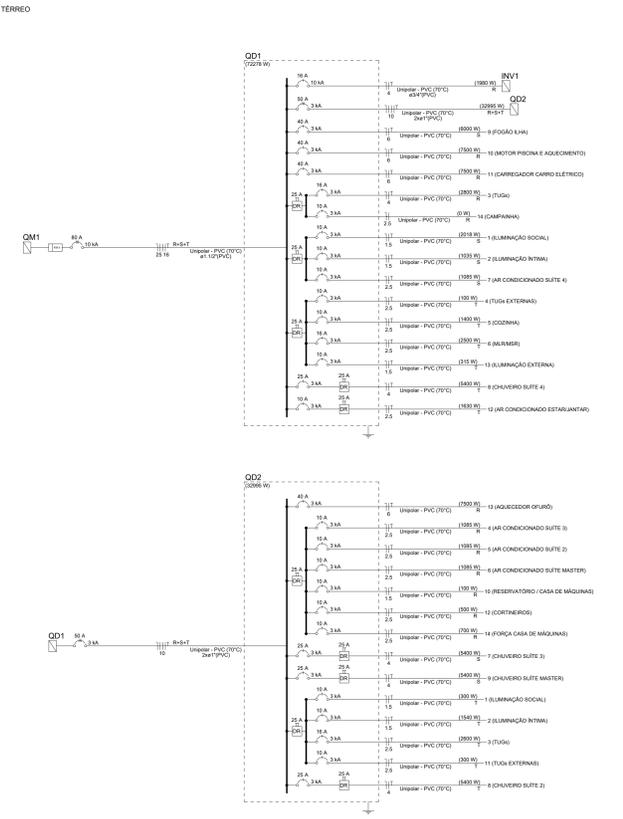
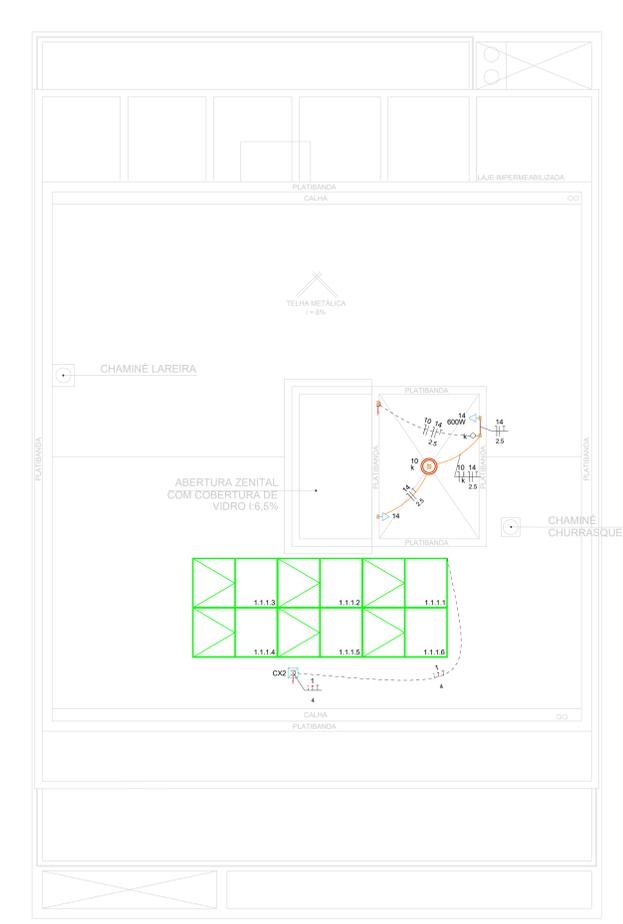
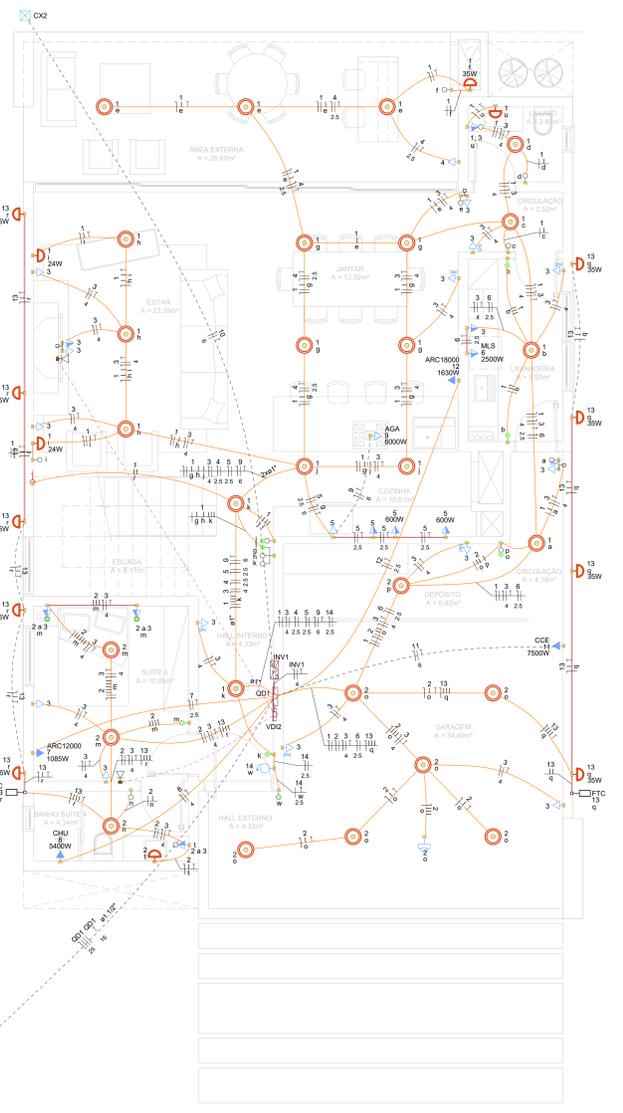
Circuito	Descrição	Equipam.	Tensão (V)	Pot. total (W)	Seção (mm²) (A)	Dia (mm)
1	Módulos Fotovoltaicos	CC-T	222,00 V	1980	8,9	4
TOTAL				1980		0,5

Quadro de Cargas (OD1) - TERREO

Circuito	Descrição	Equipam.	Tensão (V)	Pot. total (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Seção (mm²) (A)	Dia (mm)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	2018	S		2018		9,2	1,5
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1035	S		1035		4,7	1,5
3	TUGs	F+N+T	220 V	2800	T	2800			14,1	4
4	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	100	T			100	0,5	2,5
5	COZINHA	F+N+T	220 V	1400	T			1400	7,1	2,5
6	MLRMSR	F+N+T	220 V	2500	T			2500	12,6	2,5
7	AR CONDICIONADO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	1085	S		1085		5,5	2,5
8	CHUVEIRO SUÍTE 4	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24,5	4
9	FOGÃO ILHA	F+N+T	220 V	6000	S			6000	34,1	6
10	MOTOR PISCINA E AQUECIMENTO	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34,1	6
11	CARREGADOR CARRO ELÉTRICO	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34,1	6
12	AR CONDICIONADO ESTAR/JANTAR	F+N+T	220 V	1830	T			1830	8,2	2,5
13	ILUMINAÇÃO EXTERNA	F+N+T	220 V	315	T			315	1,4	1,5
14	CAMPANHA	F+N	220 V	0	R			0	0,0	2,5
OD2		SF+N+T	380/220 V	32995	R+S+T	12055	10800	10140	49,1	10
INV1		F+N+T	220 V	2200	R	2200			10,5	4
TOTAL				72278	R+S+T	20655	20638	21485		

Quadro de Cargas (OD2) - 2º PAVIMENTO

Circuito	Descrição	Equipam.	Tensão (V)	Pot. total (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Seção (mm²) (A)	Dia (mm)
1	ILUMINAÇÃO SOCIAL	F+N+T	220 V	300	T			300	1,4	1,5
2	ILUMINAÇÃO ÍNTIMA	F+N+T	220 V	1500	T			1500	7,0	1,5
3	TUGs	F+N+T	220 V	2600	T			2600	13,1	2,5
4	AR CONDICIONADO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5
5	AR CONDICIONADO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5
6	AR CONDICIONADO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	1085	R	1085			5,5	2,5
7	CHUVEIRO SUÍTE 3	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24,5	4
8	CHUVEIRO SUÍTE 2	F+N+T	220 V	5400	T			5400	24,5	4
9	CHUVEIRO SUÍTE MASTER	F+N+T	220 V	5400	S		5400		24,5	4
10	RESERVATÓRIO / CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	100	R	100			0,5	1,5
11	TUGs EXTERNAS	F+N+T	220 V	300	T			300	1,5	2,5
12	CORTINEIROS	F+N+T	220 V	500	R	500			2,5	2,5
13	AQUECEDOR OFURÓ	F+N+T	220 V	7500	R	7500			34,1	6
14	FORÇA CASA DE MÁQUINAS	F+N+T	220 V	700	R	700			3,5	2,5
TOTAL				32995	R+S+T	12055	10800	10140		



PROJETO_2

Localização: _____

Proprietário: _____

PLANTA_BAIXA_ELÉTRICO

Data: NOVEMBRO/23
 Desenho: VICTOR
 Escala: INDICADA
 Projeto: ELÉTRICO
 Prancha: _____

02/02

XXXX_ELE_002_R00