

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL

Lucas Jeremias de Lima Costa

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM INFRAESTRUTURA PARA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AUTOMAÇÃO**

Maceió

2023

Lucas Jeremias de Lima Costa

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS COM INFRAESTRUTURA PARA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AUTOMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Dr. Wellinsílvio Costa dos Santos

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Jorge Raimundo da Silva – CRB-4 – 1320

C837p

Costa, Lucas Jeremias de Lima.

Projeto de instalações elétricas com infraestrutura para eficiência energética e automação / Lucas Jeremias de Lima Costa – 2023.

73 f.

Orientador: Wellinsilvio Costa dos Santos.

Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) –
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia / Ufal. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 69-71.

1. Projeto elétrico de baixa tensão. 2. Automação Residencial. 3.
Eficiência energética. I. Título.

CDU: 696.6

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, ao Deus que me acompanha e esteve em cada passo dessa jornada ao meu lado. Toda honra à Ele por cada oportunidade entregue em minhas mãos e por todo sucesso obtido na graduação. À minha família por toda confiança e empenho em prol do meu desenvolvimento. Ao meu pai, Cícero, meu grande exemplo, por me incentivar e despertar em mim a sede por solucionar problemas e encarar desafios, sempre de forma honesta e persistente. A minha mãe, Cristina, sinônimo de amor e caráter, por todo cuidado e apoio diário, por cada oração e conselho. À minha irmã por toda torcida e incentivo. Às minhas avós, as quais gostaria muito que estivessem aqui, que sempre se alegraram verdadeiramente com meu desenvolvimento. Sempre que pensei que não daria certo, ou falharia, lembrei de vocês, o quanto confiam em mim, e pude encontrar forças para continuar e motivo para ser ainda mais forte!

Agradeço pela grande companheira que tive nessa jornada, minha namorada Kyara, por toda paciência e contribuição em minhas decisões, por cada trabalho compartilhado e cada período vivido intensamente. Não consigo imaginar como seria a jornada sem essa cumplicidade e toda cuidado envolvido, conseguimos!

A EJEC por me aproximar do mercado de trabalho ainda na graduação, por me proporcionar experiências que elevaram minhas responsabilidades e habilidades. E como a EJEC são pessoas, a todos que estiveram e estão nessa empresa, e de alguma forma tem uma ligação especial comigo. Ao meu líder e mentor Lucas Alves, por confiar em meu trabalho desde sempre, por me apresentar as instalações elétricas ainda na EJEC e posteriormente me desenvolver na Nortan Engenharia. Por cada conselho dado e cada desafio a mim confiado, é só o começo!

Ao meu orientador Wellinsílvio, que desde o começo da formulação desse trabalho me acolheu e me incentivou para que eu pudesse desenvolvê-lo da melhor forma, me sinto honrado por toda confiança depositada. Ao corpo docente da UFAL, que, em sua maioria, honra a missão de promover uma educação de qualidade e desenvolver profissionais de alto nível. Aos colegas de turma, que compartilharam junto comigo os obstáculos e conquistas, cada um foi essencial nessa caminhada - que talvez achávamos tão distante enxergar o fim, mas chegou, e valeu a pena!

RESUMO

Com uma demanda tecnológica mais acessível financeiramente, a construção civil tem se movido – ainda que tardiamente - de encontro às práticas que proporcionam mais conforto, praticidade e economia aos usuários das edificações. Na esfera residencial, novas construções têm acolhido às automações e práticas de eficiência energética, atraindo, portanto, novas concepções projetuais e compatibilizando a infraestrutura com as necessidades vindouras. Tais inovações impactam diretamente no sistema elétrico da residência, o qual deve estar pronto para acolhê-las sem perdas na eficácia, estética e segurança. O presente trabalho objetiva tal estudo de caso em uma residência de alto padrão, com a finalidade de conceber um projeto de instalações elétricas de baixa tensão com o aparato técnico supracitado. O projeto além de evitar adaptações na infraestrutura, sobrecarga no sistema projetado e manutenções posteriores; trará, em contrapartida economia a curto prazo, com a redução no consumo de energia elétrica, e a médio/longo prazo, com a valorização monetária do empreendimento.

Palavras-chave: Projeto elétrico de baixa tensão; Automação Residencial; Eficiência energética.

ABSTRACT

With a more financially accessible technological demand, the construction industry has been slowly moving towards practices that provide more comfort, convenience, and cost savings for building users. In the residential sphere, new constructions have embraced automation and energy efficiency practices, thereby attracting new design concepts and aligning the infrastructure with future needs. These innovations directly impact the home's electrical system, which must be ready to accommodate them without compromising effectiveness, aesthetics, and safety. This study aims to present a case study in a high-end residence, with the purpose of designing a low-voltage electrical installation project incorporating the aforementioned technical features. In addition to avoiding infrastructure adaptations, system overload, and subsequent maintenance, this project will also bring short-term savings through reduced electricity consumption and long-term benefits through increased monetary value of the property.

Keywords: Low-voltage electrical project; Home automation; Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação entre partes envolvidas no projeto	12
Figura 2 - Selo de eficiência em Condicionador de ar	13
Figura 3 - Sensor de presença	14
Figura 4 – Fator de Demanda para TUG's e Iluminação (Parte 1)	15
Figura 5 - Fator de Demanda para TUG's e Iluminação (Parte 2)	15
Figura 6 - Fator de demanda para eletrodomésticos e aparelhos de aquecimento... ..	16
Figura 7 - Fator de demanda para Condicionadores de ar	16
Figura 8 - Métodos de instalação	17
Figura 9 - Seção mínima de condutores	18
Figura 10 - Fator de Correção de Temperatura.....	20
Figura 11 - Fator de Correção de Agrupamento.....	20
Figura 12 - Capacidade de condução (PVC).....	21
Figura 13 - Capacidade de condução (EPR/XLPE).....	22
Figura 14 - Queda de tensão (220V)	23
Figura 15 - Dimensionamento do condutor neutro	24
Figura 16 - Dimensionamento do condutor de proteção	24
Figura 17 - Vista posterior da residência.....	28
Figura 18 - Vista da fachada frontal da residência	29
Figura 19 - Tomada para uso externo	29
Figura 20 - Centro de cargas em relação ao quadro do pavimento subsolo	31
Figura 21 - Centro de cargas em relação ao quadro do pavimento térreo	31
Figura 22 - Esquema de ligação dos quadros	32
Figura 23 - Mapeamento de circuitos (Pavimento Térreo)	34
Figura 24 - Mapeamento de circuitos (Pavimento Subsolo).....	35
Figura 25 - Quantidade de circuitos reserva.....	36
Figura 26 - Ficha técnica de uma fritadeira elétrica.....	40
Figura 27 - Tabela de ligação elétrica da residência	45
Figura 28 - Sistemas complementares da edificação	46
Figura 29 - Sistema elétrico da edificação	47

Figura 30 - Visualização de desvio para evitar incompatibilidade com janelas	47
Figura 31 - Visualização de incompatibilidade com sistema estrutural e correção....	48
Figura 32 - Visualização de incompatibilidade com sistema hidráulico e correção ...	48
Figura 33 - Desvio de eletroduto por conta da tubulação hidráulica.....	48
Figura 34 - Visualizador 3D do projeto elétrico.....	49
Figura 35 - Instalação do arranjo fotovoltaico ainda na construção	50
Figura 36 - Instalação do arranjo fotovoltaico após a edificação construída	50
Figura 37 - Posicionamento de espera para sistema fotovoltaico (Exportado do projeto)	52
Figura 38 - Carregador veicular inserido após edificação construída.....	54
Figura 39 - Ligação Convencional do interruptor.....	56
Figura 40 - Ligação com dispositivo sonoff	56
Figura 41 - Interface do aplicativo de automação.....	57
Figura 42 - Esquema de ligação dos sensores de presença.....	58
Figura 43 - Mapeamento de iluminação por sensores	59
Figura 44 - Ficha técnica do boiler de 800l (Ref. Tecnosol)	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre condutores	25
Tabela 2 - Quadro de cargas instaladas (QDFL Térreo)	36
Tabela 3 - Quadro de cargas instaladas (QDFL Subsolo).....	37
Tabela 4 - Quadro de cargas (QDFL Subsolo).....	38
Tabela 5 - Quadro de cargas (QDFL Térreo)	39
Tabela 6 - Dimensionamento do QDFL Térreo	41
Tabela 7 - Dimensionamento do QDFL Subsolo.....	42
Tabela 8 - Dimensionamento do QGD	43
Tabela 9 - Quadros de distribuição	44
Tabela 10 - Tipos de eletroduto.....	44
Tabela 11 - Comparativo de dimensionamento com inserção de carregador veicular	53
Tabela 12 - Comparativo econômico entre infraestruturas.....	61

GLOSSÁRIO

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM *Building Information Modelling* (Modelagem da informação da construção)

NBR Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Projeto de Instalações elétricas de baixa tensão	11
3.2 Automação Residencial	12
3.3 Eficiência Energética.....	13
3.4 Dimensionamento	14
4. ESTUDO DE CASO.....	27
4.1 Métodos	27
4.2 Características da residência estudada	28
4.3 Desenvolvimento do projeto elétrico de baixa tensão	29
4.3.1 Lançamentos de pontos elétricos e iluminação.....	29
4.3.2 Lançamento dos quadros de distribuição.....	30
4.3.3 Divisão de circuitos	32
4.3.4 Dimensionamento	37
4.3.5 Eletrodutos	44
4.3.6 Compatibilização	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
6 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1. INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos o homem busca uma melhora significativa em sua vida, preocupou-se em facilitar seu trabalho, inventou a roda, descobriu o fogo, entre outras coisas (LIMA, 2003). É palpável o quanto o ser humano anseia por melhorias e meios que potencializem suas atividades cotidianas. Seja trazendo mais conforto, produtividade e/ou economia; mais que isso, por vezes, trata-se de uma necessidade de compatibilização com os avanços tecnológicos que acontecem paralelamente à sua realidade.

Em um cenário cada vez mais tecnológico, é evidente o atraso da construção civil - em todos os seus vieses – em acompanhar as demandas do mercado e proporcionar as melhores soluções para as partes interessadas. Soluções essas que tangem desde a eficiência até a economia, seja em custos para concepção da edificação ou redução dos mesmos no uso do sistema projetado.

No contexto das instalações elétricas, diversas soluções, como automação e eficiência energética, desenvolvem-se e são cada vez mais solicitadas nas edificações residenciais e afins. Entrementes, é sensato destacar o quanto o projeto de instalações elétricas ainda cresce timidamente nesta direção e o quanto a infraestrutura do mesmo ainda carece de uma visão mais eficiente e global do sistema proposto - o qual visa a praticidade, economia a longo prazo por parte do cliente e valorização do imóvel.

Cada vez mais projetistas são solicitados com a exigência de seus clientes em equipamentos e sistemas considerados mais econômicos. Em contraposição a esse fato, seja por falta de informação ou por estagnação das universidades e empresas em trazer tal evolução na infraestrutura, é mais cômodo a concepção de uma solução trivial - e mais generalista, não baseada no estudo particular de cada edificação e nos seus impactos financeiros na realidade do cliente.

Ou pior, é deixado propositalmente a cargo das empresas especializadas - no caso citado, empresas de automação e de eficiência energética - as providências da infraestrutura e adaptação da rede elétrica residencial às demandas tecnológicas. Tal transtorno resulta em gastos com manutenção, adaptações estéticas e perda do potencial máximo de eficiência.

Este trabalho irá analisar uma residência de alto padrão, no aspecto projetual das instalações elétricas, a qual buscará fornecer uma infraestrutura compatível com a realidade atual. Por meio da plataforma *Building Information Modelling* (BIM), o estudo de caso irá permear os aspectos construtivos, decisões projetuais e infraestrutura necessária para acolher as demandas vindouras e impactos financeiros - a curto, médio e longo prazo - com tais aquisições.

O desafio é analisar o quanto um sistema mais acolhedor e moderno pode impactar no custo final da obra, no que tange ao viés elétrico. Ao fim, será destacado se é viável economicamente e o quanto tal análise é necessária para estar presente nos projetos de instalações elétricas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem como objetivo geral conceber o projeto de instalações elétricas de uma residência de alto padrão, trazendo um dimensionamento bem executado e munido de infraestrutura para sistemas de automação e eficiência energética; para que ao fim, seja analisada a viabilidade do mesmo visando a economia, valorização do imóvel e evitando obras de manutenção.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos consistem em:

- Apresentar a formulação de um projeto executivo de instalações elétricas, detalhado e bem dimensionado, contendo infraestrutura para futuras instalações de automação residencial e eficiência energética;
- Comparar os impactos da inserção da infraestrutura sendo deixada no ato da construção da residência em oposição aos custos de inseri-la posteriormente com a residência já construída;
- Apresentar brevemente o impacto dos sistemas adotados na valorização do imóvel e redução de custos evitando manutenções.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Projeto de Instalações elétricas de baixa tensão

Nas palavras de Filho (2011, p.14), o projeto “[...] é, em essência, uma antecipação detalhada de uma solução que será implementada para satisfazer determinado objetivo.”

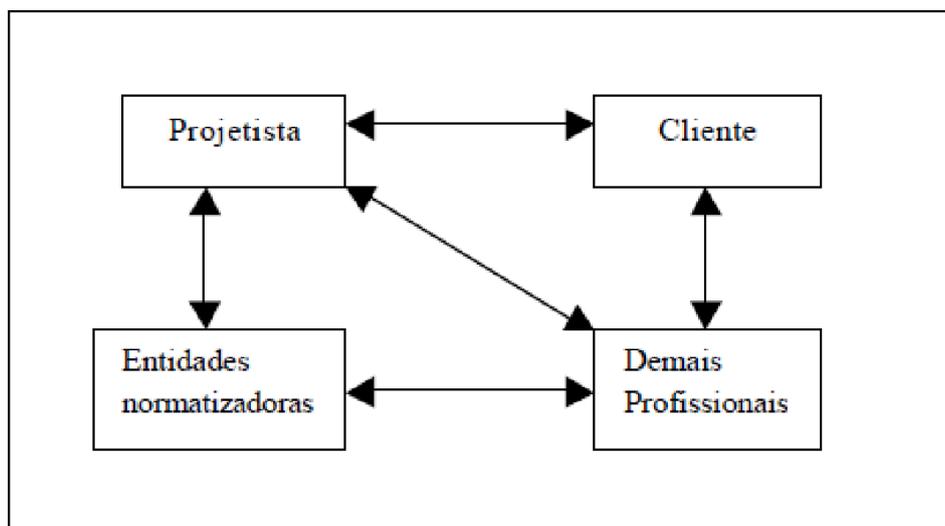
O projeto de instalações elétricas de baixa tensão consiste na solução previamente definida à execução a qual será desenvolvido o sistema elétrico da edificação. Dentre diversos objetivos, trazer tal instalação com segurança e conforto para os usuários torna-se o foco principal. Para caracterização de “baixa tensão”, são levados em consideração fatores como: o nível de tensão o qual é fornecido a energia elétrica e a potência que será instalada na unidade consumidora.

O mesmo deve ser concebido de forma racional e economicamente viável, trazendo os itens que interagem entre si desde a condução e seccionamento, até a proteção e organização dos circuitos. É crescente também a preocupação com manutenibilidade, sendo assim, os projetos cada vez mais evitam transtornos futuros para essa finalidade através de uma infraestrutura mais elaborada.

Dentro do processo de criação e desenvolvimento do projeto, é relevante destacar as interações do responsável pela criação do mesmo com os demais profissionais envolvidos na edificação, órgão regulamentadores e com o próprio cliente. Isso ocorre por conta das interferências que cada projetista encontra com as demais disciplinas, sendo essencial o uso sem moderação da compatibilização. A compatibilização é uma etapa projetual que interliga todas as disciplinas e busca antecipar transtornos que seriam vivenciados com a execução, além de controlá-los com a solução mais adequada – em acordo com os demais projetistas. Atualmente os softwares que permitem essa interação e visualização em 3D – Plataformas BIM – são a alternativa mais utilizada e eficaz.

A figura 1 explora de forma esquemática a interação do projetista com as partes envolvidas, e uma visão global do quanto o processo de concepção é dependente de outros interessados (POSSENTI, 2000).

Figura 1 - Interação entre partes envolvidas no projeto



Fonte: POSSENTI, 2000

3.2 Automação Residencial

A automação residencial pode ser definida como um conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (AURESIDE, 2013, p.1).

Também conhecida como Domótica - “Domus” (casa) e “Telemática” (eletrônica + informática) - a automação residencial vem ganhando espaço e é um dos ramos da tecnologia mais emergentes da Europa. No Brasil o crescimento ainda é latente, mas é notável o quanto se torna necessário agir em convergência com esses sistemas.

Em se tratando do cenário residencial, TEZA (2002, p.19) afirma: “Já está na hora de vivermos o presente, pois, já existem estudos, tecnologia, projetos e residências efetivamente funcionando através dos recursos da Automação”.

Automatizar, no entanto, vai além da busca por conforto, segurança e integração. No cenário em que vivemos, com uma iminente crise no setor de energia, automatizar é sinônimo de “gestão energética”, como acima citado pela AURESIDE (2013). Implementar no cotidiano um meio de utilizar de forma mais racional possível o recurso energético e reduzir custos internamente, mostra-se como uma solução atraente a todos os ramos e personalidades de clientes, e é justamente neste viés que tal categoria de tecnologia tem um impulso forte para estar presente em todas as residências.

3.3 Eficiência Energética

“O assunto eficiência energética ganhou destaque no cenário mundial principalmente depois da crise do petróleo da década de 1970, quando se percebeu que o uso de combustíveis fósseis tem custos econômicos e ambientais crescentes. Ficou cada vez mais claro que a correção de hábitos e a utilização de equipamentos mais eficientes podem diminuir a necessidade de ampliação da geração de energia elétrica, geração por vezes atrelada a fontes não renováveis de energia (POVOÁ, 2014, p.6).”

Desde a crescente no consumo de energia elétrica, e a limitação na geração da mesma, muito se ouve falar sobre eficiência energética. Entende-se como eficiência energética um conjunto de práticas que visam reduzir os custos da energia oferecida, sem que afete e altere a qualidade.

Trazendo para uma visão cotidiana, boas práticas devem ser adotadas em todas as residências, empreendimentos e demais categorias de consumidores; trata-se da forma mais eficiente de contribuir globalmente com a iminente crise e individualmente com a economia própria. Destaca-se, porém, que eficiência energética pode - e deve - ser potencializada através de sistemas que proporcionem maior controle e racionalização do consumo.

Muitos equipamentos já contribuem para a eficiência energética desde a sua produção na indústria, cada vez mais, novos aparelhos otimizam consumo e indicam em seus selos de eficiência o quanto estão contribuindo para economia na conta de energia do usuário.

Figura 2 - Selo de eficiência em Condicionador de ar



Fonte: Cavalcanti, s/d

Além de todo aparato de boas práticas e equipamentos mais efetivos, muitos itens racionalizam ainda mais a utilização de energia na residência. Variam desde sensores até programadores de utilização. Muitas das opções, no entanto, ainda ficam restritas a ambientes comerciais ou empreendimentos de porte maior por falta de informação do quanto os mesmos são de fácil instalação e são viáveis dentro de uma residência.

Figura 3 - Sensor de presença



Fonte: ArgusControl, s/d

3.4 Dimensionamento

3.4.1 Potência instalada

A potência instalada diz respeito a soma das potências nominais – em kW – de todos os equipamentos existentes na edificação. Esse valor de potência reflete um cenário improvável no qual todos os equipamentos elétricos da residência estejam ligados simultaneamente.

Em se tratando de um cenário realista, é notório que o uso simultâneo de toda carga instalada é cada vez mais improvável, quanto maior for a edificação. Para isso, é utilizado o conceito de **potência demandada** – um índice que relaciona a carga instalada da edificação com sua probabilidade de uso máximo.

Esse fator é determinante para evitar o super dimensionamento e racionalizar o orçamento da obra, evitando gastos excessivos. O fator, embora não seja normativo, é determinado através da concessionária local de energia. Abaixo, seguem imagens que demonstram a realidade para o estado de Alagoas – com a fornecedora Equatorial.

Figura 4 – Fator de Demanda para TUG's e Iluminação (Parte 1)

DESCRIÇÃO	CARGA MÍNIMA (W/m ²)	FATOR DE DEMANDA (%)
Auditório, Salões para Exposição e Semelhantes	15	100
Bancos, Lojas e Semelhantes	40	100
Barbearias, Salões de Beleza e Semelhantes	30	100
Clubes e Semelhantes	30	100
Escolas e Semelhantes	30	100 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder de 12 kW
Escritórios	30	100 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder de 20 kW
Garagens Comerciais, corredores e passagens, bem como almoxarifados, rouparias a depósito de material em geral e Semelhantes	5	100

Fonte: Equatorial Alagoas (2023)

Figura 5 - Fator de Demanda para TUG's e Iluminação (Parte 2)

Hospitais e Semelhantes	20	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder de 50 kW
Hoteis e Semelhantes	20	50 para os primeiros 20 kW 40 para os seguintes 80 kW 30 para o que exceder de 100 kW
Igrejas e Semelhantes	15	100
Residências e Edifícios de Apartamentos	30	100 para os primeiros 10 kW 35 para os seguintes 110 kW 25 para o que exceder de 120 kW
Restaurantes e Semelhantes	20	100

Fonte: Equatorial Alagoas (2023)

Figura 6 - Fator de demanda para eletrodomésticos e aparelhos de aquecimento

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA	
	POTÊNCIA INDIVIDUAL ATÉ 3,5kW	POTÊNCIA INDIVIDUAL MAIOR QUE 3,5kW
1	0,80	0,80
2	0,75	0,65
3	0,70	0,55
4	0,66	0,50
5	0,62	0,45
6	0,59	0,43
7	0,56	0,40
8	0,53	0,36
9	0,51	0,35
10	0,49	0,34
11	0,47	0,32
12	0,45	0,32
13	0,43	0,32
14	0,41	0,32

Fonte: Equatorial Alagoas (2023)

Figura 7 - Fator de demanda para Condicionadores de ar

NÚMERO DE APARELHOS	FD
1	1,00
2	
3	0,88
4	0,82
5	0,78
6	0,76
7	0,74
8	0,72
9	0,71
10	0,70

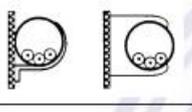
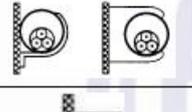
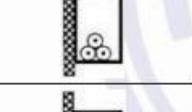
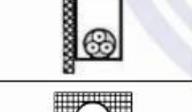
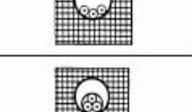
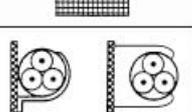
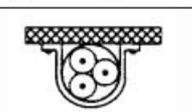
Fonte: Equatorial Alagoas (2023)

3.4.2 Métodos de instalação

A forma com que os condutos são instalados na execução do sistema elétrico da edificação também influencia em seu dimensionamento. Isso porque as condições naturais as quais o conduto, e conseqüentemente o condutor, estão dispostas mudam de acordo com a técnica construtiva adotada.

A NBR5410 traz uma tabela – na imagem logo abaixo destaca-se parte dela – que relaciona os métodos de instalação com a nomenclatura relacionada, posteriormente em tabelas de dimensionamento de condutores será necessário identificar tal método adotado para efetuar a escolha correta do cabo (ABNT, 2008).

Figura 8 - Métodos de instalação

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		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
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

3.4.3 Condutores

A condução de energia elétrica é dada através dos condutores, tais elementos são os responsáveis por permitir que a energia seja distribuída do gerador até a fonte de consumo. A escolha assertiva do tipo de cabo é essencial para a segurança e bom funcionamento dos equipamentos.

3.4.3.1 Condutores de Fase

Na prática, os cabos de cobre e alumínio são os mais utilizados com a finalidade de condução de energia elétrica, dado seu desempenho mecânico, propriedades elétricas e custos (MORENO, 2014).

De acordo com a NBR 5410, os condutores devem ser dimensionados visando sua capacidade de condução de corrente, as mesmas devem ser iguais ou superiores à corrente de projeto do circuito. Além disso, devem atender às seções mínimas descritas na Figura 9, anexada abaixo, e os critérios máximos de queda de tensão (ABNT, 2008).

Figura 9 - Seção mínima de condutores

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 mm².
4) Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

A seção do condutor será definida em cada circuito, para isso é necessário conhecer a corrente de projeto atuante no respectivo circuito. A priori, precisamos conhecer a corrente nominal atuante, que, por definição, será definida através da equação 1, descrita abaixo.

$$I = \frac{P}{V} \cdot \frac{1}{FP} \quad (1)$$

Onde,

I = Corrente atuante no circuito;

P = Potência Instalada no circuito;

V = Tensão Nominal do circuito;

FP = Fator de Potência.

Com a corrente nominal atuante no circuito, aplica-se ainda dois fatores de correção, como demonstra a equação 2, para que a mesma esteja prevendo situações em que o cabo condutor tenha sua capacidade máxima comprometida.

$$I_{proj} = \frac{I_{circ}}{(FCT \cdot FCA)} \quad (2)$$

Onde,

I_{proj} = Corrente de projeto;

I = Corrente atuante no circuito;

FCT = Fator de correção de temperatura; e

FCA = Fator de correção de agrupamento.

O fenômeno que pode causar essa redução de capacidade é a temperatura, a qual pode interferir através da temperatura ambiente do local de instalação (corrigida através do FCT) e do agrupamento de condutores em um conduto (corrigida pelo FCA). Para determinação dos valores de FCT e FCA, a norma apresenta através de tabelas, disponíveis logo abaixo nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Fator de Correção de Temperatura

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

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Figura 11 - Fator de Correção de Agrupamento

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

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

De acordo com o item 6.2.5.5.2 da norma técnica NBR 5410, é estabelecido que os condutores que apresentam uma corrente de projeto que não ultrapasse 30% de sua capacidade de condução de corrente, levando em consideração o fator de agrupamento, podem ser desconsiderados no cálculo do fator de correção que será aplicado aos demais condutores do grupo. Dessa forma, ao realizar o dimensionamento do circuito, somente serão levados em consideração aqueles circuitos cuja corrente de projeto não atendam a essa condição.

Conhecidos os valores dos fatores de correção e aplicados na fórmula 2, onde é calculada a corrente de projeto, o condutor escolhido deve ser imediatamente maior a esse valor. A NBR 5410 traz uma tabela que indica a capacidade de condução dos cabos, seja em Cobre ou Alumínio, tanto em PVC (Figura 12) quanto em EPR/XLPE (Figura 13). Mas o critério de escolha do cabo pode ser mais assertivo utilizando as tabelas dos fabricantes do material a ser utilizado, onde demonstra com mais fidelidade a capacidade de condução do material requerido.

Figura 12 - Capacidade de condução (PVC)

Seções nominais 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
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Figura 13 - Capacidade de condução (EPR/XLPE)

Seções nominais 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	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Por fim, como último critério, o condutor deve atender as condições de queda de tensão. Por definição, é uma redução na tensão devido as distâncias entre o fornecimento e a atuação da carga, sendo assim definido um limite normativo para que haja um funcionamento satisfatório do equipamento alimentado.

Segundo a NBR 5410, em uma residência, admite-se a queda de tensão total de até 5% se o fornecimento de energia vier da rede de distribuição pública, e de até 7% se houver uma subestação própria na edificação (ABNT, 2008).

Através da equação 3, definida abaixo, encontramos a queda de tensão em porcentagem.

$$\text{Queda de tensão percentual (e \%)} = \frac{\text{tensão de entrada} - \text{tensão na carga}}{\text{tensão de entrada}} \cdot 100 \quad (3)$$

Creder (2016) formulou tabelas que facilitam o cálculo da queda de tensão. Através da soma de potências do circuito referido multiplicado pela distância em metros do equipamento mais distante, correlacionamos o valor obtido com a tabela contida na figura 14, logo abaixo, para constatar se o mesmo está dentro do limite admissível. Tal tabela se aplica para a tensão de 220V.

Figura 14 - Queda de tensão (220V)

Condutor (mm ²)	Queda de tensão e (%)				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	21 054	42 108	63 162	84 216	105 270
2,5	35 090	70 180	105 270	140 360	175 450
4	56 144	112 288	168 432	224 576	280 720
6	84 216	168 432	252 648	336 864	421 080
10	140 360	280 720	421 080	561 440	701 800
16	224 576	449 152	673 728	898 304	1 122 880
25	350 900	701 800	1 052 700	1 403 600	1 754 500
35	491 260	982 520	1 473 780	1 965 040	2 456 300
50	701 800	1 403 600	2 105 400	2 807 200	3 509 000
70	982 520	1 965 040	2 947 560	3 930 080	4 912 600

Fonte: Instalações elétricas (Creder, 2018)

A tabela formulada por Creder (2018) estão baseadas na fórmula 4, descrita abaixo.

$$S = 2 \cdot \rho \cdot \frac{1}{e(\%) \cdot V^2} \cdot (p1 \cdot l1 + p2 \cdot l2 + p3 \cdot l3 \dots) \quad (4)$$

Onde:

S = Seção do condutor em mm²;

P = Potência consumida em watts;

ρ = resistividade do cobre = $158 \text{ohms} \times \text{mm}^2\text{m}'$;

l = Comprimento em metros;

e % = Queda de tensão percentual/100; e

V = Tensão do circuito.

Obs: Para circuitos trifásicos, substituir 2 por $\sqrt{3}$.

3.4.3.2 Condutores de Neutro e Proteção

Condutores de Neutro e Proteção também devem ser dimensionados seguindo as recomendações da NBR 5410/2008, onde, em suas tabelas, traz uma relação direta com o condutor de fase dimensionado seguindo os critérios no tópico acima detalhados. Abaixo nas Figuras 15 e 16, estão definidos os critérios normativos, e na Tabela 1 uma tabela de correlação entre as informações.

Figura 15 - Dimensionamento do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Figura 16 - Dimensionamento 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: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Tabela 1 - Relação entre condutores

Seção dos condutores - fase (Sf)	Seção dos condutores - neutro (Sn)	Seção dos condutores - proteção (Sp)
1,5 a 16	Sn = Sf	Sp = Sf
25	25	16
35	25	16
50	25	Sf/2
70	35	Sf/2

Fonte: Autor (2023)

3.4.4 Eletrodutos

No item 6.2.11.1 da NBR 5410/2008 diversas recomendações são dadas para o uso dos eletrodutos nas instalações elétricas. A respeito do dimensionamento, tem-se que a taxa de ocupação do eletroduto (definida pelo quociente da soma das áreas dos condutores e a área útil da seção transversal) não deve ser superior a:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três condutores.

Além disso, devem ser utilizadas caixas de passagens em trechos contínuos de tubulação a cada 15 metros (em linhas internas às edificações) e 30 metros (em linhas externas às edificações). Em caso de curvas, a cada curva de 90°, 3 metros são subtraídos dos limites acima citados para cada curva.

Tal medida visa a boa instalação e passagem dos fios, além de facilitar a manutenibilidade posterior do sistema elétrico.

3.4.5 Proteção

“Os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos contra curtos-circuitos e contra sobrecargas [...]” (NISKIER; MACINTYRE, 2013, p.138). Um dos pilares que rege um projeto elétrico eficaz é a proteção concedida aos usuários e equipamentos da edificação, para tanto, é necessário que existam dispositivos de proteção que estejam previstos para sinistros e possíveis acidentes.

A NBR 5410 (ABNT, 2008) preconiza alguns princípios para o dimensionamento dos dispositivos de proteção que deverão ser utilizados no sistema elétrico projetado.

3.4.5.1 Disjuntor Termomagnético

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2008), o dimensionamento dos disjuntores contra a sobrecarga nos condutores deve atender as seguintes situações:

a) $I_{proj} \leq I_n \leq I_z$

b) $I_2 \leq 1,45 I_z$

Onde,

I_{proj} : corrente de projeto do circuito;

I_z : capacidade de condução de corrente do condutor, nas condições previstas para sua instalação;

I_n : e a corrente nominal do dispositivo de proteção; e

I_2 : corrente convencional de atuação, para disjuntores.

3.4.5.2 Dispositivo Diferencial-Residual

O dispositivo diferencial-residual (DR), tem em seu uso o objetivo de proteção contra fuga de corrente. Em áreas molhadas, externas e cozinhas/copa, seu uso é recomendado. Em se tratando de dimensionamento, deve possuir capacidade de corrente nominal maior ou igual ao disjuntor termomagnético dimensionado para o mesmo circuito (ou soma de circuitos, caso seja instalado um DR para um grupo de circuitos).

3.4.5.3 Dispositivo de Proteção a Surtos

O Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) tem seu uso ligado às sobretensões transitórias provocadas por descargas diretas e/ou indiretas na rede, que causam um aumento repentino na tensão da rede, podendo causar sérios danos em equipamentos eletroeletrônicos e à própria edificação (CRUZ; ANICETO, 2012).

3.4.5.4 Aterramento

Toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento de modo que seja confiável e proporcione segurança, que conduza correntes de falta à terra sem risco de danos causados pelas mesmas e atendam aos requisitos funcionais da instalação (NBR 5410 - ABNT, 2008).

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Métodos

4.1.1 Modelagem em BIM

O projeto de instalações elétricas será desenvolvido desde o seu início na plataforma BIM, onde haverá interação com as demais disciplinas – Estrutural, Hidrossanitário e Arquitetura - para compatibilização e extração de dados de forma mais assertiva. Ao fim, será apresentado o projeto completo com seus atributos e detalhes – pranchas, memoriais, lista de materiais, compatibilização - juntamente com a visualização tridimensional das instalações elétricas. O *software* utilizado para desenvolver o projeto elétrico será o QI Builder, desenvolvido pela AltoQI (Versão 2023).

Destaca-se também que o projeto produzirá ainda um arquivo IFC, o qual pode ser visualizado - e extraído informações - em qualquer outra plataforma BIM. Para o presente trabalho, poderá ser visualizado através do *smatphone* através da plataforma *Autodesk Viewer*.

4.1.2 Orçamento: ORÇAFASCIO

Um dos aspectos do trabalho aqui referido diz respeito ao comparativo de custos entre o projeto convencional e o projeto com infraestrutura prevendo as tecnologias acima citadas. Para o estudo comparativo, o *software* utilizado é o Orçafascio, com os dados das plataformas SINAPI, SBC e ORSE.

4.1.3 Pesquisa de mercado: Valorização Imobiliária

Em se tratando a longo prazo, será feito uma breve pesquisa no mercado imobiliário para obtenção de parâmetros e pretensões de valorização do imóvel com sua infraestrutura moderna e compatível com as demandas tecnológicas do mercado.

Serão buscados artigos e referências a nível nacional e tendências globais que tragam informações a esse respeito e embasem a discussão.

4.2 Características da residência estudada

O projeto contempla uma residência de alto padrão a qual será explorado um programa de necessidades de uma família de classe alta. Todos os cálculos e projeções serão feitas a partir desta necessidade realista de uma residência munida dos equipamentos compatíveis com a realidade do mercado contemporâneo, e da demanda consequente; sendo relacionadas diretamente às regras da concessionária local – Equatorial – e seguindo as normas vigentes – NBR 5410/2008.

Além disso, a locação de pontos elétricos e de iluminação segue o projeto luminotécnico disponibilizado pelo profissional que desenvolveu a arquitetura da residência, inclusive com alturas e locações que respeitam a marcenaria.

A residência é projetada com sua estrutura descendente, ou seja, inicia-se com pavimento térreo e se desenvolve com o pavimento subsolo, sua área construída é de 472,65 m². Possui - além das áreas comuns como: cozinha, serviço, salas e garagem - 6 suítes (incluindo o quarto de serviço), 3 lavabos, área de lazer com piscina e área gourmet, academia, sauna e um mirante direcionado para a lagoa. Seguem abaixo vistas da residência que será objeto de estudo neste trabalho.

Figura 17 - Vista posterior da residência



Fonte: Autor (2023)

Figura 18 - Vista da fachada frontal da residência



Fonte: Autor (2023)

4.3 Desenvolvimento do projeto elétrico de baixa tensão

4.3.1 Lançamentos de pontos elétricos e iluminação

Os pontos elétricos e de iluminação foram lançados e distribuídos de acordo com o projeto luminotécnico apresentado pela arquitetura.

Em se tratando de tomadas para as áreas externas, será utilizado um modelo específico para tal finalidade, com proteção contra chuvas e respingos, conforme imagem 19 abaixo. A iluminação externa será com proteção IP65 – contra poeiras e jato d'água. A iluminação da piscina também será conforme recomendação normativa, utilizando corrente contínua de 12V.

Figura 19 - Tomada para uso externo



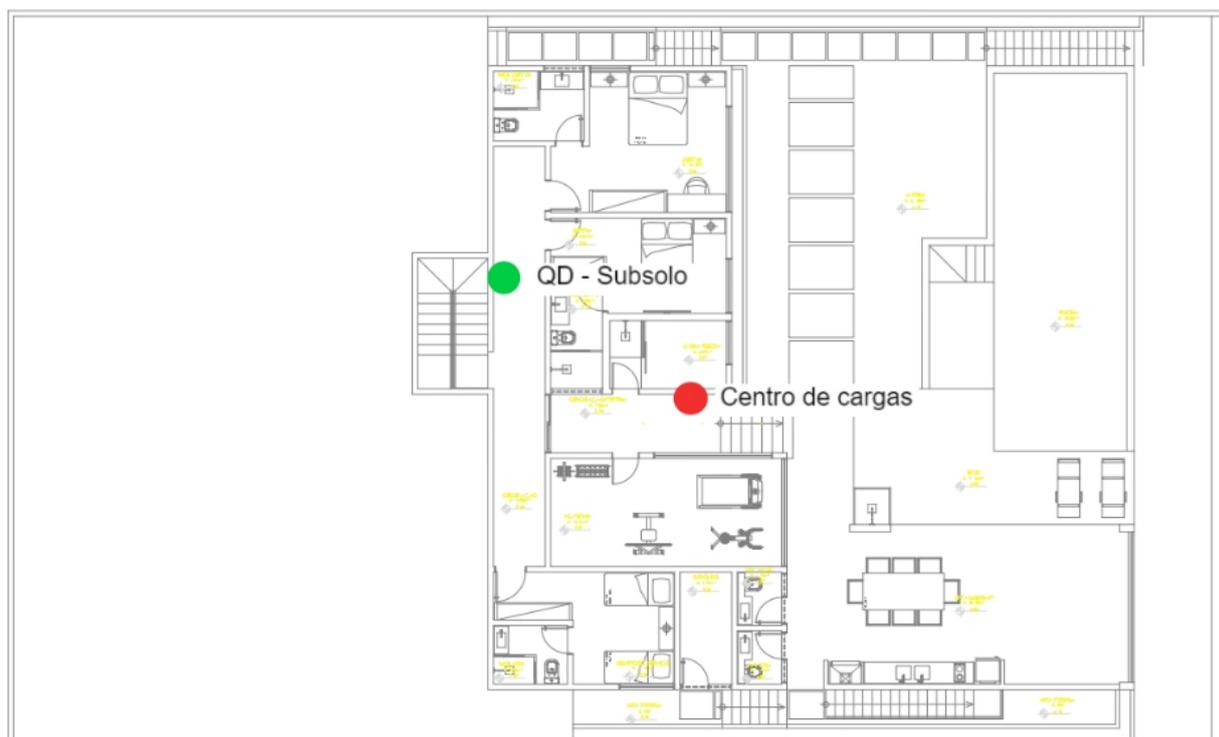
Fonte: Adaptado de ViewTech (2023)

4.3.2 Lançamento dos quadros de distribuição

A localização exata do quadro de distribuição não é derivada de norma alguma, mas alguns aspectos devem ser considerados. Um dos requisitos a ser respeitado é a respeito da facilidade de visualização e acesso do quadro. A localização de acesso deve ser livre; a partir disso, fica notório que cômodos que permanecem fechados ou locais em que móveis sobrepõem o quadro não são recomendados para locação do mesmo. Ao passo que deve ser de fácil acesso, vale salientar que o quadro deve permanecer dentro da edificação, protegido de intempéries e riscos ao patrimônio por terceiros.

Em se tratando de aspectos econômicos, deve ser levado em consideração também a localização do quadro de distribuição em relação as cargas instaladas. Isso é justificado pela necessidade de evitar a queda de tensão, que, caso ocorra, elevará a espessura dos cabos e o custo da obra. Para isso, é utilizado o conceito de centro de cargas, que nada mais é que a localização mais central da edificação em relação a todas as cargas dispostas no pavimento. Nas figuras abaixo, seguem os referidos pontos de carga e a locação escolhida para o quadro em ambos os pavimentos.

Figura 20 - Centro de cargas em relação ao quadro do pavimento subsolo



Fonte: Autor (2023)

Figura 21 - Centro de cargas em relação ao quadro do pavimento térreo



Fonte: Autor (2023)

Percebe-se, no entanto, que o quadro (sinalizado pelo ponto verde) se distanciou do centro de cargas (sinalizado pelo ponto vermelho). Para tal tomada de decisão foi levada em consideração o apelo estético de inserir um quadro de tamanho notável em áreas de permanência. No entanto, a partir dos cálculos a respeito da queda de tensão, verificou-se que a mesma – apesar da localização do quadro – permaneceu dentro do limite máximo de 5% e não exigiria aumento de seção dos condutores. Aliado a uma localização de fácil acesso e com a improbabilidade de sobreposição por artigos de movelaria – por se tratar de um hall de circulação – torna-se viável a locação dos mesmos nos locais referidos.

Será instalado um quadro de distribuição (QDFL) em cada pavimento da residência, e ambos serão alimentados por um quadro geral da edificação (QGD). Esse esquema de ligação, conforme ilustrado abaixo, permite que cada pavimento tenha autonomia de acionamento ou desligamento sem depender do pavimento adjacente. Caso contrário, em situação de manutenção de um dos dois pavimentos, em que seja necessário a modificação no quadro, toda a residência seria desligada.

Figura 22 - Esquema de ligação dos quadros



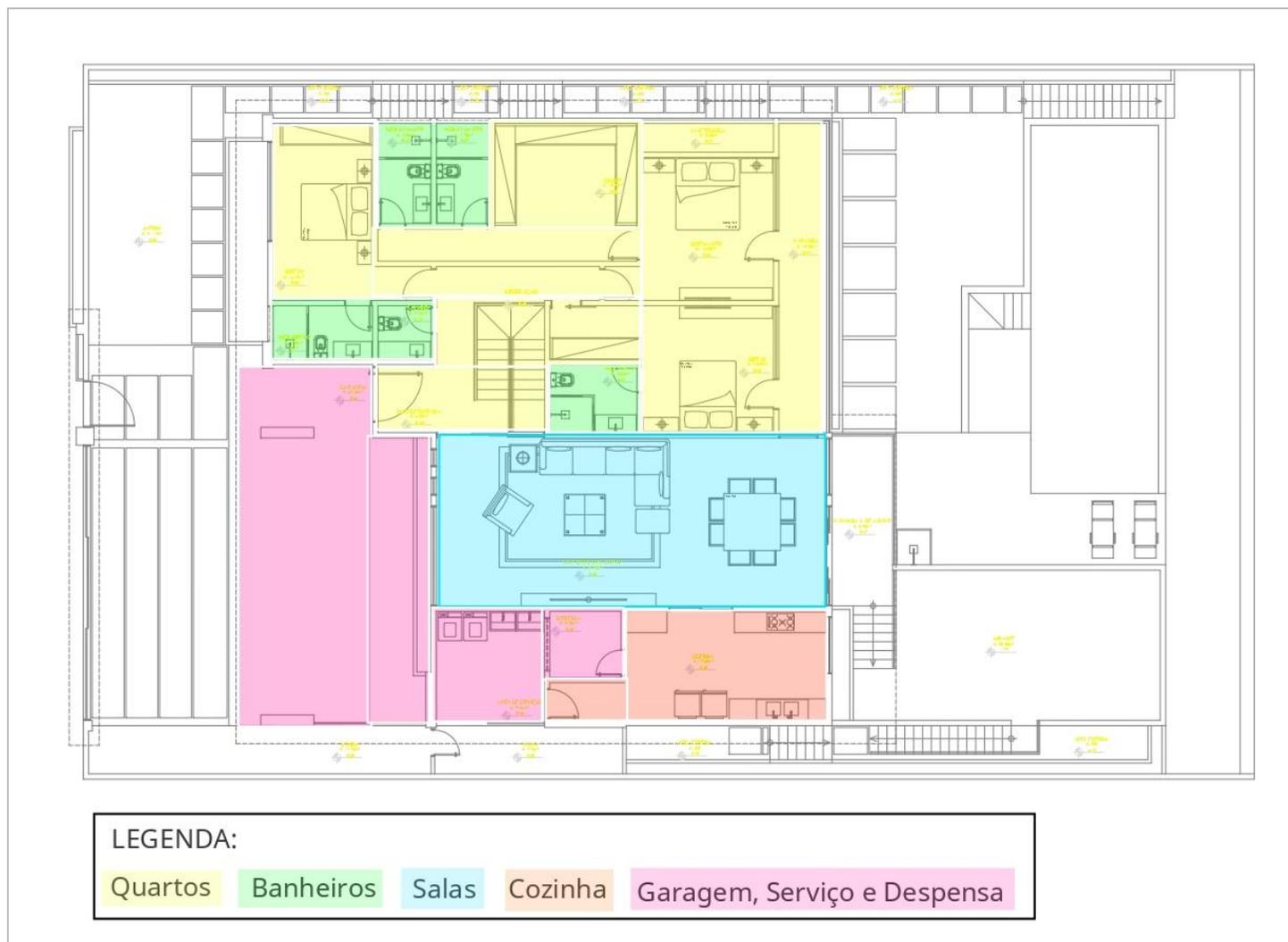
Fonte: Autor (2023)

4.3.3 Divisão de circuitos

Os circuitos da residência foram divididos conforme mostram as figuras 23 e 24 abaixo. Para as tomadas de uso geral – TUG's – utilizou-se critérios de proximidade dos cômodos e semelhança de finalidade. Para as tomadas de uso específico – TUE's - foram criados circuitos exclusivos, conforme recomendado em norma para

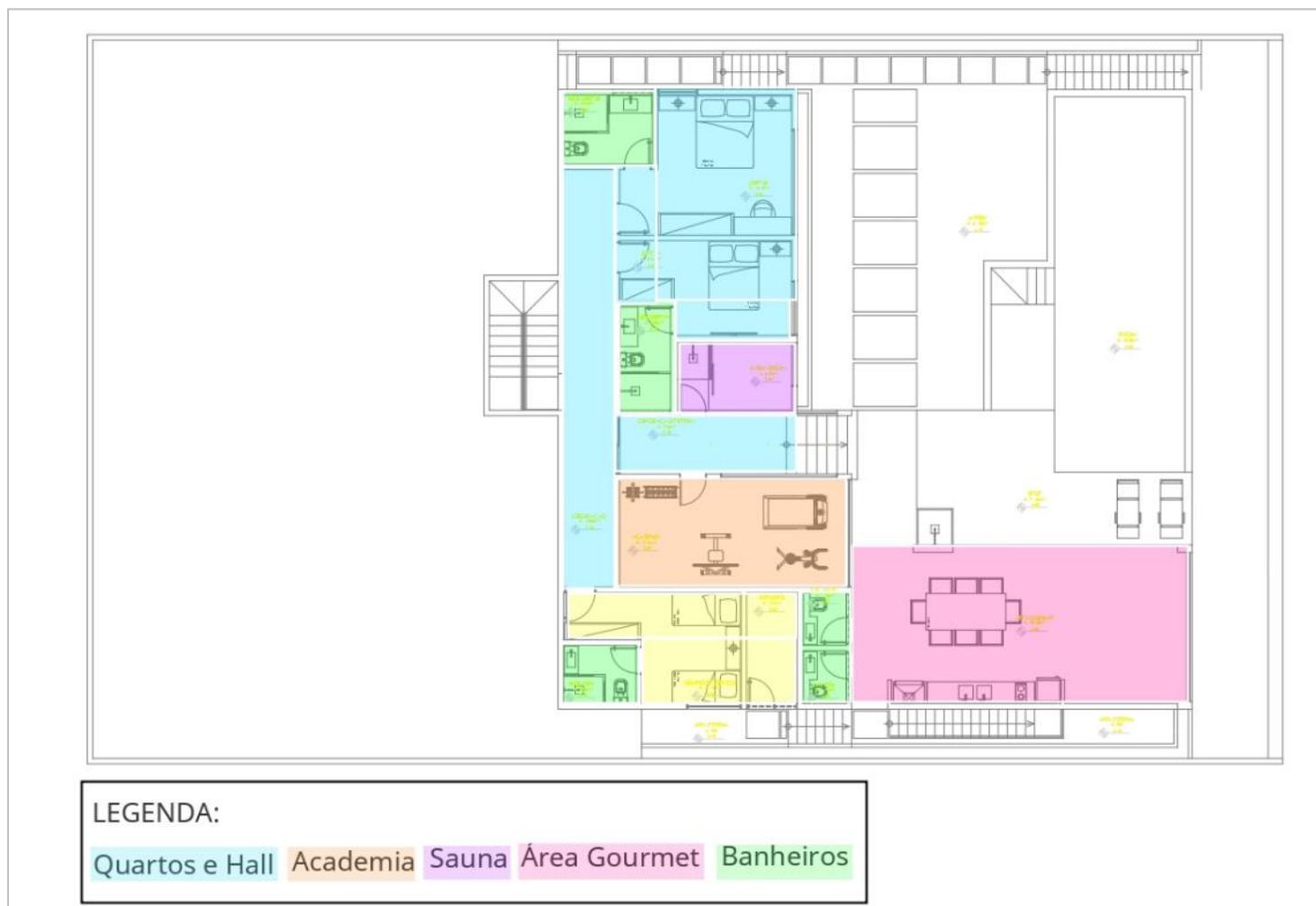
equipamentos com corrente nominal acima de 10A. A iluminação foi subdividida em externa e interna; isso porque a iluminação externa fica exposta as intempéries que podem ocasionar manutenções ou interrupções mais comuns, e através da subdivisão cria-se uma situação de independência de funcionamento de ambas. Tal manipulação é também utilizada visando a segurança e conforto da residência.

Figura 23 - Mapeamento de circuitos (Pavimento Térreo)



Fonte: Autor (2023)

Figura 24 - Mapeamento de circuitos (Pavimento Subsolo)



Fonte: Autor (2023)

Além dos circuitos utilizados, a NBR 5410/2008 recomenda a previsão de circuitos reservas. A quantidade de espaços a serem deixados no quadro, para futuras instalações, segue a recomendação normativa apresentada na figura 25 abaixo.

Figura 25 - Quantidade de circuitos reserva

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N
NOTA A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.	

Fonte: Norma Brasileira – NBR 5410 (2008)

Com os circuitos divididos, o quadro de cargas instaladas ficou definido conforme as tabelas 2 e 3 abaixo.

Tabela 2 - Quadro de cargas instaladas (QDFL Térreo)

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
1	Iluminação Interna	F+N+T	220 V	1236	873
2	Iluminação Externa	F+N+T	220 V	490	412
3	TUG's - Suítes 01, 02 e Master	F+N+T	220 V	3333	3000
4	TUG's - Sala de Estar, Sala de Jantar	F+N+T	220 V	2778	2500
5	TUG's - Cozinha	F+N+T	220 V	4167	3700
6	TUG's - Serviço, Despensa e Garagem	F+N+T	220 V	2514	2200
7	TUG's - WC's	F+N+T	220 V	3333	3000
8	TUE - Boiler	F+N+T	220 V	8625	6900
9	Ar Condicionado - Suíte 01 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
10	Ar Condicionado - Suíte 02 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
11	Ar Condicionado - Suíte Master (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
12	Ar Condicionado - Salas (30000BTUs)	F+N+T	220 V	3222	2900
RSV13	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
RSV14	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
RSV15	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
TOTAL				33314	28740

Fonte: Autor (2023)

Tabela 3 - Quadro de cargas instaladas (QDFL Subsolo)

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
1	Iluminação Interna	F+N+T	220 V	305	251
2	Iluminação Externa	F+N+T	220 V	573	459
3	TUG's - Suítes 03, 04 e Hall	F+N+T	220 V	2667	2400
4	TUG's - Academia	F+N+T	220 V	2556	2300
5	TUE - Sauna	3F+T	380 V	7229	6000
6	TUG's - WC's	F+N+T	220 V	3333	3000
7	TUG's - Área Gourmet	F+N+T	220 V	1556	1400
8	TUG's - Depósito, Quarto Serviço	F+N+T	220 V	444	400
9	TUE - Bomba Piscina	F+N+T	220 V	787	370
10	Ar Condicionado - Suíte 03 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
11	Ar Condicionado - Suíte 04 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
12	Ar Condicionado - Academia (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
13	Ar Condicionado - Quarto de Serviço (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085
RSV14	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
RSV15	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
RSV16	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
RSV17	Reserva	F+N+T	220 V	0	0
TOTAL				24271	20920

Fonte: Autor (2023)

4.3.4 Dimensionamento

Através das cargas instaladas divididas em circuitos, foram então dimensionados cabos e disjuntores dos circuitos. Conforme representado nas tabelas abaixo por meio dos respectivos quadros de cargas.

Tabela 4 - Quadro de cargas (QDFL Subsolo)

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Ic (A)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)
1	Iluminação Interna	F+N+T	220 V	305	251			251	1.00	1.00	1.2	1.4	1.5	17.5	10	0.15	1.48
2	Iluminação Externa	F+N+T	220 V	573	459			459	1.00	0.70	3.5	2.6	1.5	17.5	10	0.50	1.83
3	TUG's - Suítes 03, 04 e Hall	F+N+T	220 V	2667	2400	2400			1.00	0.70	13.0	12.1	2.5	24.0	16	0.60	1.92
4	TUG's - Academia	F+N+T	220 V	2556	2300			2300	1.00	0.70	16.6	11.6	2.5	24.0	16	1.09	2.42
5	TUE - Sauna	3F+T	380 V	7229	6000	2000	2000	2000	1.00	1.00	11.0	11.0	4	28.0	20	0.31	1.64
6	TUG's - WC's	F+N+T	220 V	3333	3000		3000		1.00	1.00	9.1	15.2	2.5	24.0	16	1.00	2.33
7	TUG's - Área Gourmet	F+N+T	220 V	1556	1400			1400	1.00	0.70	10.1	7.1	4	32.0	20	0.72	2.05
8	TUG's - Depósito, Quarto Serviço	F+N+T	220 V	444	400			400	1.00	1.00	2.0	2.0	2.5	24.0	16	0.18	1.51
9	TUE - Bomba Piscina	F+N+T	220 V	787	370	370			1.00	0.70	5.1	3.6	2.5	24.0	16	0.55	1.88
10	Ar Condicionado - Suíte 03 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085		1085		1.00	0.70	7.8	5.5	2.5	24.0	16	0.43	1.76
11	Ar Condicionado - Suíte 04 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085	1085			1.00	0.70	7.8	5.5	2.5	24.0	16	0.47	1.80
12	Ar Condicionado - Academia (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085		1085		1.00	0.70	7.8	5.5	2.5	24.0	16	0.48	1.81
13	Ar Condicionado - Quarto de Serviço (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085	1085			1.00	1.00	5.5	5.5	2.5	24.0	16	0.41	1.74
RSV14	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
RSV15	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
RSV16	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
RSV17	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
TOTAL				24271	20920	6940	7170	6810									

Fonte: Autor (2023)

Tabela 5 - Quadro de cargas (QDFL Térreo)

Circuito	Descrição	Esquema	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Ic (A)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)
1	Iluminação Interna	F+N+T	220 V	1236	873		873		1.00	0.70	6.8	5.6	1.5	17.5	10	0.93	1.58
2	Iluminação Externa	F+N+T	220 V	490	412		412		1.00	0.80	2.7	2.2	1.5	17.5	10	0.49	1.14
3	TUG's - Suítes 01, 02 e Master	F+N+T	220 V	3333	3000		3000		1.00	0.70	21.6	15.2	2.5	24.0	16	2.03	2.68
4	TUG's - Sala de Estar, Sala de Jantar	F+N+T	220 V	2778	2500			2500	1.00	1.00	12.6	12.6	2.5	24.0	16	1.42	2.07
5	TUG's - Cozinha	F+N+T	220 V	4167	3700			3700	1.00	1.00	18.9	18.9	4	32.0	25	0.61	1.26
6	TUG's - Serviço, Despensa e Garagem	F+N+T	220 V	2514	2200	2200			1.00	0.80	13.7	11.4	4	32.0	25	0.51	1.16
7	TUG's - WC's	F+N+T	220 V	3333	3000			3000	1.00	0.80	18.9	15.2	2.5	24.0	16	1.86	2.51
8	TUE - Boiler	F+N+T	220 V	8625	6900	6900			1.00	1.00	39.2	39.2	6	41.0	40	1.69	2.34
9	Ar Condicionado - Suíte 01 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085			1085	1.00	1.00	5.5	5.5	2.5	24.0	16	0.82	1.47
10	Ar Condicionado - Suíte 02 (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085		1085		1.00	1.00	5.5	5.5	2.5	24.0	16	0.81	1.46
11	Ar Condicionado - Suíte Master (12000BTUs)	F+N+T	220 V	1206	1085		1085		1.00	1.00	5.5	5.5	2.5	24.0	16	0.85	1.50
12	Ar Condicionado - Salas (30000BTUs)	F+N+T	220 V	3222	2900		2900		1.00	1.00	14.6	14.6	4	32.0	25	1.46	2.11
RSV13	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
RSV14	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
RSV15	Reserva	F+N+T	220 V	0	0				1.00	1.00	0.0	0.0	2.5	24.0	16	0.00	0.00
TOTAL				33314	28740	9100	9355	10285									

Fonte: Autor (2023)

Em casos como a Cozinha e Área Gourmet, mesmo com a carga instalada não exigindo, por dimensionamento convencional, um cabo de 4mm², foi escolhida de o projetista expandir a capacidade do circuito por se tratar de cômodos com potencial de carga elevado. Por exemplo, podem ser utilizados equipamentos que cheguem sozinhos próximo aos 2000W, como uma fritadeira elétrica (segue abaixo as especificações técnicas do equipamento). Em se tratando da área gourmet, por ser o circuito que atende as demandas energéticas da área de lazer, podendo comportar eventos com equipamentos externos – como sons e telões – foi previsto a folga no dimensionamento para tais casos excepcionais que possam exigir picos de potência.

Figura 26 - Ficha técnica de uma fritadeira elétrica

Modelo	AFN-51-RI
Voltagem (Tensão)	127V/220V
Cor	Vermelho/Inox
Itens inclusos	01 Fritadeira Elétrica – 01 Livro de receitas - Manual de instruções
Capacidade	5L
Potência	1950W
Temperatura	Até 200°C
Timer	60 minutos
Ação do produto	Assar, cozinhar, gratinar e fritar seus alimentos
Tipo de alimentos que comporta	Prepara petiscos, massas, carnes, pastéis, pão de queijo, churros, peixes entre outros
Revestimento antiaderente	Sim
Segurança	Aviso sonoro e desligamento automático
Tipo de fritadeira	Fritadeira Elétrica
Luz indicadora	Sim
Dimensões do produto	36cm x 36,5cm x 36cm (LxAxP)
Peso do produto	5,250kg
Tipo de tomada (amperes)	20A
Garantia	1 ano

Fonte: Ficha Técnica, Mondial

Cabe ao responsável pelo projeto entender a realidade do cliente – utilizando o plano de necessidades - e intervir em futuras necessidades dos mesmos, minimizando transtornos ou potenciais situações perigosas.

Além dos circuitos interno aos quadros, faz-se necessário também o dimensionamento para alimentação e proteção dos quadros de distribuição. Através das tabelas abaixo, geradas pelo *software* utilizado, o projetista pode analisar de forma lógica e sequencial o dimensionamento escolhido e, se necessário, efetuar os devidos ajustes.

Tabela 6 - Dimensionamento do QDFL Térreo

Circuito QDFL TÉRREO -				Quadro QGD (Térreo)		
Alimenta�o 3F+N (R+S+T)	Tensão F-N: 220 V / F-F: 380 V	FP 0.87	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 1.00	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
	R	S	T	Total		
Potência instalada (VA)	9969.44	9489.10	11513.37	30971.92		
Potência demandada (VA)	7782.15	7370.32	8214.48	23366.95		
Corrente (A)	35.37	33.50	37.34	Projeto (Ip) 37.34	Projeto (Ib) 37.34	Corrigida (Id) =Ip/(FCAxFACT) 37.34
Crêterios de cálculo (Dimensionamento da fia�o)						
Se�o mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condu�o de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)		Queda de tensão dV% parcial admissível: 1.00			
Utiliza�o: Alimenta�o Se�o: 6 mm ²	Método de instala�o: B1 Se�o: 6 mm ² Cap. Condu�o (Iz): 48.00 A		dV% parcial dV% total	10mm ² 0.02 0.62		
Dimensionamento da prote�o (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)			Condutor			
Ip < In < Iz (10mm ²) 37.34 < 40.00 < 66.00			Cabo Unipolar (cobre) Isol. XLPE - 0,6/1kV (ref. Prysmian Voltalene Ecolene)			
Dispositivo de prote�o			Se�o			
Disjuntor tripolar termomagnético - DIN Corrente de atua�o: 63 A - 10 kA - C			Fase 10 mm ²	Neutro 10 mm ²	Terra 10 mm ²	
Capacidade de condu�o (Fase): 66.00 A						

Fonte: Autor (2023)

Tabela 7 - Dimensionamento do QDFL Subsolo

Circuito QDFL SUBSOLO -				Quadro QGD (Térreo)		
Alimentação 3F+N (R+S+T)	Tensão F-N: 220 V / F-F: 380 V	FP 0.86	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 1.00	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
	R	S	T	Total		
Potência instalada (VA)	8274.08	8154.08	7842.72	24270.88		
Potência demandada (VA)	7622.82	7448.50	7400.06	22471.38		
Corrente (A)	34.68	33.89	33.67	Projeto (Ip) 34.68	Projeto (Ib) 34.68	Corrigida (Id) =Ip/(FCxFACT) 34.68
Critérios de cálculo (Dimensionamento da fiação)						
Seção mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condução de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)		Queda de tensão dV% parcial admissível: 1.00			
Utilização: Alimentação Seção: 6 mm ²	Método de instalação: B1 Seção: 4 mm ² Cap. Condução (Iz): 37.00 A		dV% parcial dV% total	10mm ² 0.70 1.30		
Dimensionamento da proteção (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)			Condutor			
Ip < In < Iz (10mm ²) 34.68 < 40.00 < 66.00			Cabo Unipolar (cobre) Isol. XLPE - 0,6/1kV (ref. Prysmian Voltalene Ecolene)			
Dispositivo de proteção			Seção			
Disjuntor tripolar termomagnético (380 V/220 V) - DIN Corrente de atuação: 63 A - 10 kA - C			Fase 10 mm ²	Neutro 10 mm ²	Terra 10 mm ²	
			Capacidade de condução (Fase): 66.00 A			

Fonte: Autor (2023)

Tabela 8 - Dimensionamento do QGD

Circuito QGD -				Quadro QM1 (Térreo)		
Alimentação 3F+N (R+S+T)	Tensão F-N: 220 V / F-F: 380 V	FP 0.87	FCA (Tabela 42 da NBR5410/2004) 1.00	FCT (Tabela 40 da NBR5410/2004) 1.00		
	R	S	T	Total		
Potência instalada (VA)	23243.53	22643.18	24356.09	70242.80		
Potência demandada (VA)	18762.14	17311.80	17098.28	53172.22		
Corrente (A)	85.38	78.78	77.81	Projeto (Ip) 85.38	Projeto (Ib) 85.38	Corrigida (Id) =Ip/(FCxFACT) 85.38
Crítérios de cálculo (Dimensionamento da fiação)						
Seção mínima admissível (Item 6.2.6.1.1 da NBR5410/2004)	Capacidade de condução de corrente (Item 6.2.5 da NBR5410/2004)		Queda de tensão dV% parcial admissível: 1.00			
Utilização: Alimentação Seção: 6 mm ²	Método de instalação: B1 Seção: 16 mm ² Cap. Condução (Iz): 88.00 A		dV% parcial dV% total	35mm ² 0.60 0.60		
Dimensionamento da proteção (In) (Item 5.3.4 da NBR5410/2004)						
Ip < In < Iz (16mm ²) 85.38 < 90.00 < 88.00	Ip < In < Iz (35mm ²) 85.38 < 90.00 < 144.00		Condutor Cabo Unipolar (cobre) Isol. XLPE - 0,6/1kV (ref. Prysmian Voltalene Ecolene)			
Dispositivo de proteção			Seção			
Disjuntor tripolar termomagnético - DIN Corrente de atuação: 100 A - 10 kA - C			Fase 35 mm ²	Neutro 25 mm ²	Terra 16 mm ²	
			Capacidade de condução (Fase): 144.00 A			

Fonte: Autor (2023)

Por fim, tem-se os quadros configurados conforme a tabela 9 mostra logo abaixo.

Tabela 9 - Quadros de distribuição

Dimensionamento dos Quadros		
Quadro	Seção (mm ²)	Disjuntor (A)
QGD	35mm ²	125A
QDFL Térreo	10mm ²	63A
QDFL Subsolo	10mm ²	63A

Fonte: Autor (2023)

4.3.5 Eletrodutos

O método de instalação escolhido foi o B1, onde o eletroduto é instalado embutido na alvenaria. Nas regiões de teto o mesmo será sobreposto à laje, fixado com abraçadeiras de PVC, sendo “escondidos” pelo forro de gesso. Os materiais escolhidos para os condutos estão definidos na tabela abaixo, sendo referenciados em prancha e em memorial descritivo de projeto. O *software* utilizado permite a modificação de material dos eletrodutos em cada trecho, o que contribui para uma precisão maior na lista de materiais final.

Tabela 10 - Tipos de eletroduto

ELETRODUTOS	
Instalação	Tipo
Embutido na parede	Flexível em PVC
Fixados no Teto	PVC Rígido
Embutidos no piso	Flexível reforçado
Alimentação - Entrada de energia ao medidor	Eletroduto de aço galvanizado

Fonte: Autor (2023)

Para a entrada de energia, será seguido a recomendação da concessionária local – Equatorial. A indicação está na tabela contida na Figura 27 abaixo.

Figura 27 - Tabela de ligação elétrica da residência

METODO DE CÁLCULO	TIPOS DE FORNECIMENTO	CARGA A kW	DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO (A)	RAMAL DE LIGAÇÃO					DIÂMETRO NOMINAL Ø ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO (pol.)	CONDUTOR COBRE ISOLADO MÍNIMO DO CLIENTE FASE (NEUTRO) (mm ²)	CONDUTOR DE ATERRAMENTO (AÇO COBREADO) (mm ²)	DIÂMETRO NOMINAL Ø ELETRODUTO ATERRAMENTO (pol.)
				Distância até 2 km da orla marítima		Distância a partir de 2 km da orla marítima						
				CABO DE COBRE CONCENTRICO OU DUPLEX (mm ²)	CABO DE COBRE MULTIPLEXADO (mm ²)	ELETRODUTO DE PVC COM PROTEÇÃO ANTIVIV	CABO DE ALUMÍNIO MULTIPLEXADO (mm ²)					
							DUPLEX/ CONCENTRI	QUADRUPL EX				
CARGA INSTALADA	MONOFÁSICO	Até 4	25 (MONO)	4	-		10	-	3/4	4	4	1/2
		De 4 a 8	40 (MONO)	6	-		10	-	3/4	6	6	1/2
		De 8 a 12	60 ou 63 (MONO)	10	-		10	-	3/4	10	6	1/2
CARGA INSTALADA	TRIFÁSICO	De 12 a 20	40 (TRI)	-	6		-	10	1.1/2	6	6	1/2
		De 20 a 30	60 ou 63 (TRI)	-	10		-	16	1.1/2	10	10	1
		De 30 a 40	80 (TRI)	-	16		-	25	2	16	16	1
		De 41 a 50	100 (TRI)	-	25		-	35	2	25	25	1
		De 50 a 75	125 (TRI)	-	35		-	50	2.1/2	35	35	1

Fonte: Equatorial (2023)

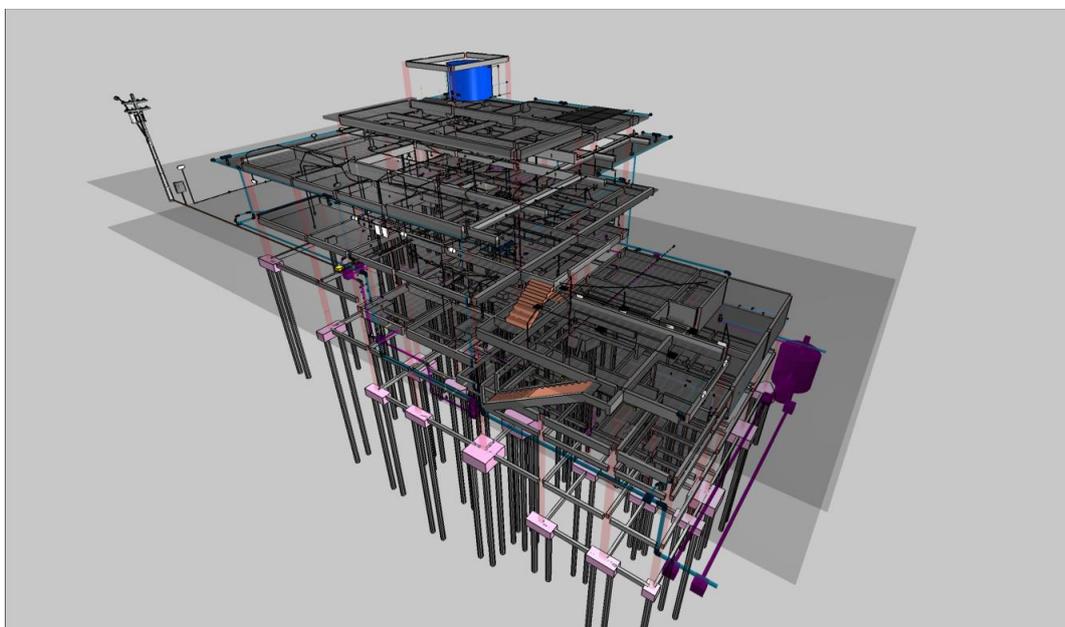
4.3.6 Compatibilização

Após todo o processo de dimensionamento e lançamento dos eletrodutos, é necessário visualizar todas as disciplinas sobrepostas na arquitetura para verificar incompatibilidades e providenciar os devidos ajustes. Após uma análise completa, é gerado um relatório de interferências entre os projetos e encaminhado para todos os projetistas envolvidos sugerindo as modificações cabíveis - esse relatório pode ser

gerado de forma automática pelo *software*, mas deve ser revisado pelo projetista para evitar informações desnecessárias.

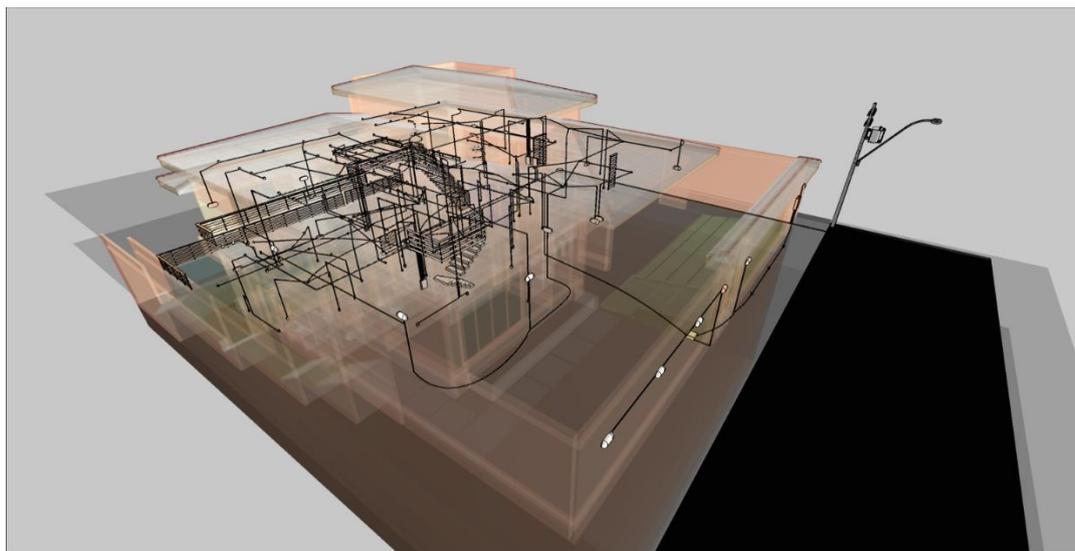
Essa etapa é primordial para o sucesso da execução, pois é nela que são antecipados alguns erros que poderiam ser notados apenas no canteiro de obras. Com a detecção antecipada, a solução é desenvolvida pelo próprio projetista da forma mais técnica possível. Na figura 28 e 29, respectivamente, pode-se visualizar as disciplinas complementares – Estrutural, Hidrossanitário e Elétrica – sobrepostas e o sistema elétrico juntamente à arquitetura.

Figura 28 - Sistemas complementares da edificação



Fonte: Autor (2023)

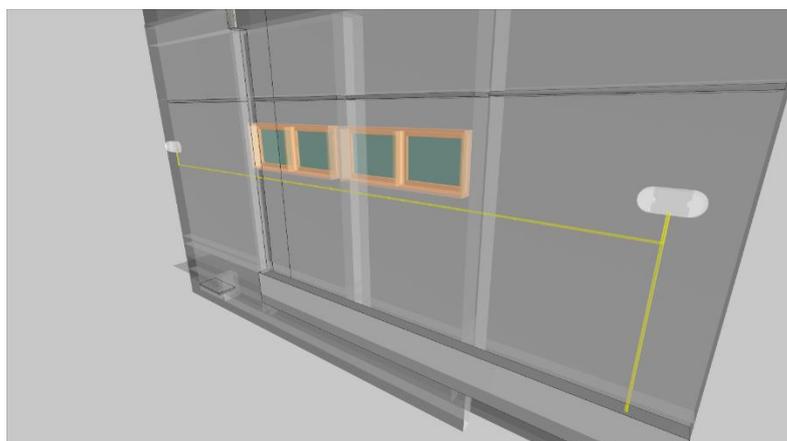
Figura 29 - Sistema elétrico da edificação



Fonte: Autor (2023)

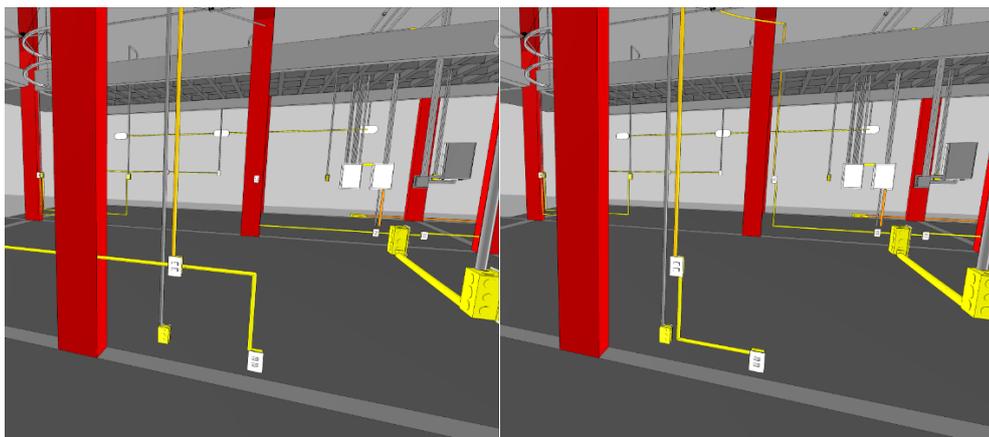
Nas figuras abaixo são demonstrados como o processo de compatibilização ocorre. Através da visualização tridimensional com as disciplinas sobrepostas é possível visualizar as interferências e posições irregulares que as peças e condutos estão lançadas; com o erro identificado, a correção é realizada. Além disso, o projetista deve perceber se a concepção do desenho em 2D – como é colocado em planta baixa – é clara o suficiente para que erros não aconteçam na execução, caso essa clareza não seja garantida, deve se utilizar dos recursos que o *software* oferece para geração de detalhes 3D e vistas isométricas.

Figura 30 - Visualização de desvio para evitar incompatibilidade com janelas



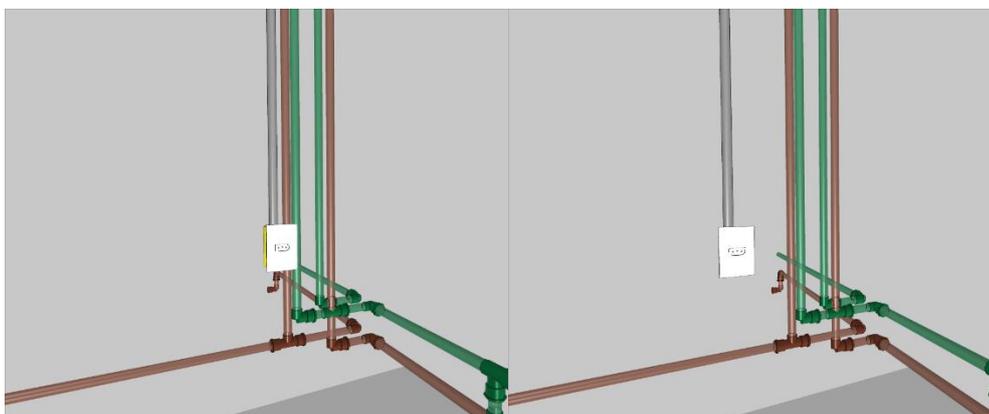
Fonte: Autor (2023)

Figura 31 - Visualização de incompatibilidade com sistema estrutural e correção



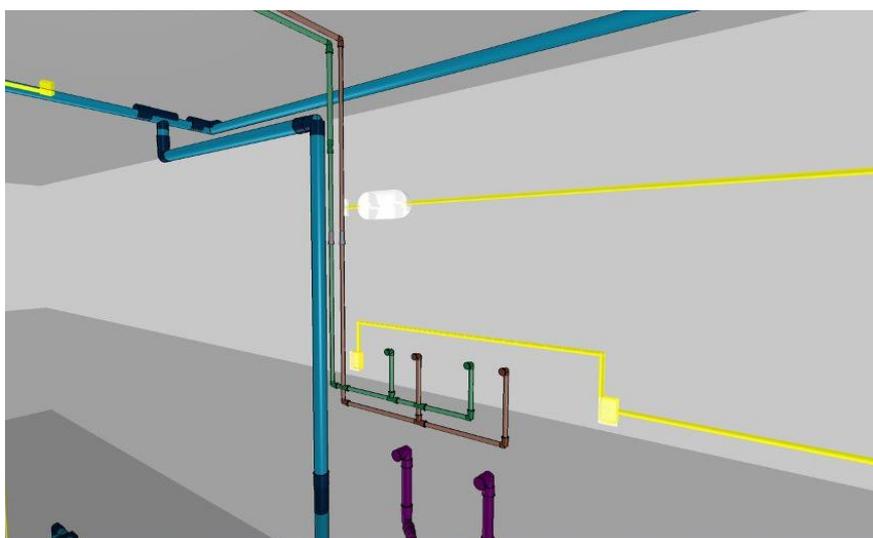
Fonte: Autor (2023)

Figura 32 - Visualização de incompatibilidade com sistema hidráulico e correção



Fonte: Autor (2023)

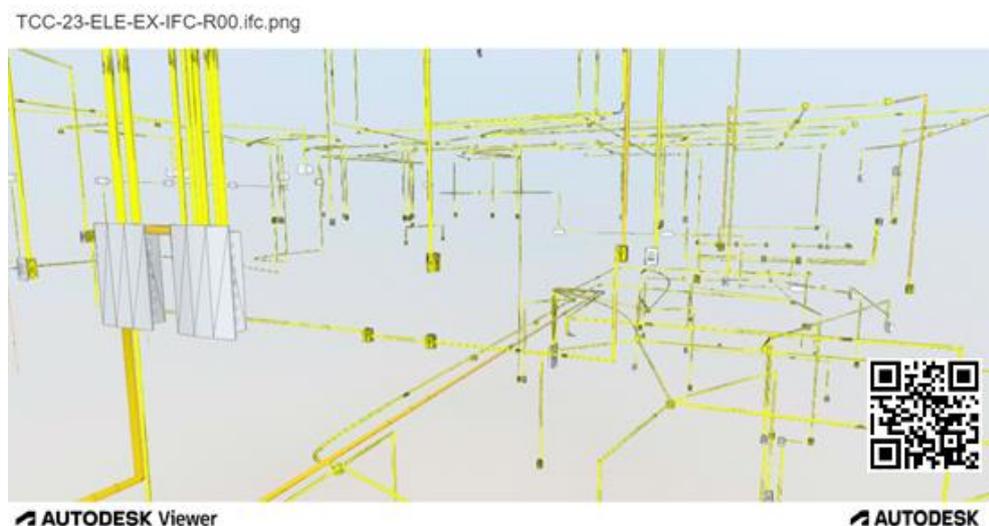
Figura 33 - Desvio de eletroduto por conta da tubulação hidráulica



Fonte: Autor (2023)

Além da compatibilização prévia executada pelo projetista, o projeto será munido de um recurso de visualização para qualquer pessoa abrir no smartphone ou computador e visualizar as instalações elétricas em 3D. Na figura abaixo vê-se como o projeto é mostrado, juntamente com o QR CODE disponível para visualização do projeto desenvolvido no presente trabalho.

Figura 34 - Visualizador 3D do projeto elétrico



Fonte: Autor (2023)

4.4 Inserção das infraestruturas de espera para automação e eficiência energética

4.4.1 Infraestrutura para energia fotovoltaica

O sistema fotovoltaico é composto, basicamente, de duas estruturas que são interdependentes: os módulos fotovoltaicos – onde ocorre a captação dos raios solares e se localiza na parte externa da edificação – e o conjunto do inversor – onde ocorre a conversão da corrente contínua em alternada e fica locada em um local acessível da residência. Em edificações que tem uma projeção adequada para esse sistema, os condutos que interligam as duas infraestruturas supracitadas ficam embutidos na alvenaria. Em contrapartida, para a instalação pós execução da obra, é necessário – na maioria das vezes - um conduto aparente ligando o inversor até a ligação das placas fotovoltaicas, afetando a estética da residência, comprometendo até a própria segurança do sistema.

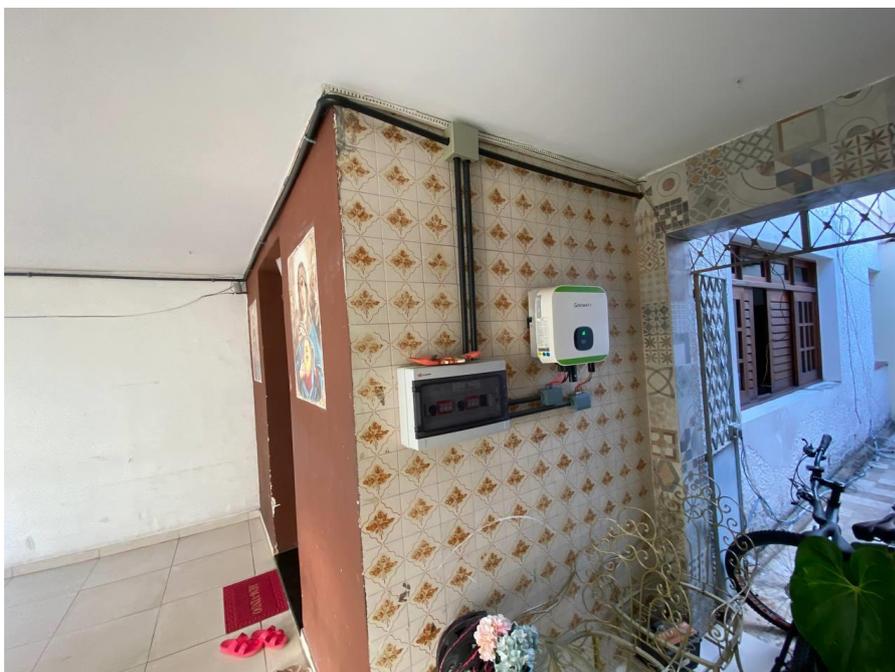
Nas figuras abaixo, é notória a diferença entre a infraestrutura projetada, e a intervenção posterior para instalação do sistema. Em ambas se nota quais elementos são necessários para que o sistema funcione: inversor e quadros CC (Corrente contínua) e CA (Corrente alternada) com as proteções – disjuntor e DPS.

Figura 35 - Instalação do arranjo fotovoltaico ainda na construção



Fonte: Autor (2023)

Figura 36 - Instalação do arranjo fotovoltaico após a edificação construída



Fonte: Autor (2023)

Visando uma futura instalação fotovoltaica, mesmo que não seja o desejo inicial do cliente, faz-se importante deixar os espaços adequados para a futura instalação. Como as placas serão instaladas na cobertura da edificação, não é necessário infraestrutura adicional para esta locação, já que as mesmas serão fixadas diretamente sobre o telhado ou laje. Faz-se essencial, no entanto, uma tubulação de espera – duto seco - que esteja na coberta e conduza os futuros cabos de corrente contínua até o “conjunto do inversor”.

O conjunto do inversor acima citado é a composição do próprio inversor com a *String Box*. O inversor é o equipamento responsável pela conversão de CC para CA. A *String Box* é o conjunto de itens que visa proteger e seccionar o uso da energia gerada. É composta por:

Invólucro – Componente responsável pelo armazenamento dos itens de proteção e manobra, normalmente utiliza-se um quadro de distribuição com capacidade para 8 disjuntores.

Disjuntor – Responsável pela proteção dos cabos utilizados, evitando sobrecarga e curto-circuito nos mesmos.

DPS - Dispositivo que protegerá contra surtos advindos de sobretensão causados por descargas atmosféricas – em especial nas placas.

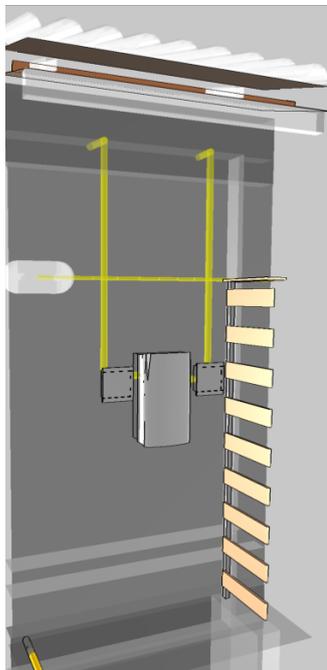
Chave seccionadora – Dispositivo de manobra que proporciona o seccionamento do circuito sob carga, ofertando a possibilidade de interromper o fluxo quando for necessário.

Além disso, após a conversão para corrente alternada, é recomendável que haja também dispositivos de proteção em um quadro específico, ou dentro do quadro de distribuição geral da edificação.

Na residência estudada, haverá uma caixa 20x20cm de espera no pavimento cobertura, com tubulação seca interligando a mesma até o local de espera da *string box*, no pavimento térreo. Será instalado um quadro de distribuição de 8 disjuntores com placa cega para espera do sistema. Deste quadro até o inversor será projetado um eletroduto – para CC, e outro eletroduto partirá do inversor em direção a um segundo quadro - para proteção CA. Além disso, juntamente a futura *string box*,

haverá o espaço de 60cm para o futuro inversor. Na figura 35 abaixo pode ser observado como foi projetada essa infraestrutura.

Figura 37 - Posicionamento de espera para sistema fotovoltaico (Exportado do projeto)



Fonte: Autor (2023)

4.4.2 Infraestrutura para carregador veicular

Em 2020, muitos canais de imprensa já divulgavam o novo projeto de lei que foi aprovado no senado federal: carros à combustão deverão ser extintos até 2040, e a venda dos mesmos deverá ser interrompida em 2030. Atrelado a essa saída de mercado dos veículos à combustão, acontece a inserção crescente de veículos abastecidos por energia elétrica, por conseguinte, é gerada uma demanda no sistema elétrico das residências. Essa demanda – os carregadores veiculares – exigem do projeto elétrico de baixa tensão um dimensionamento preciso para que a inserção desse equipamento seja segura.

Os *wall box* – estação de carregamento elétrico veicular – pode variar em sua oferta de potência de 7,4kW até algumas mais robustas com 22kW. A diferença das potências indica uma variação na velocidade de carregamento dos veículos, enquanto a primeira carrega um veículo de 4 a 6 horas, a segunda faz a mesma atividade em

até 2 horas. Por se tratar de cargas elevadas e tempo prolongado de uso, é necessário um cuidado maior no dimensionamento desse componente.

Existe uma norma que recomenda os itens necessários para a instalação de carregadores veiculares. A NBR 17019/2022 especifica os requisitos para a instalação elétrica fixa com objetivo de carregar veículos. Dentre seus principais aspectos, destacam-se alguns que interferem diretamente no projeto elétrico de baixa tensão de uma residência:

- Dispositivo de proteção à corrente diferencial residual (DR): é obrigatório o uso de um dispositivo residual para o carregador veicular. Caso exista mais de um carregador que possa ser utilizado de forma simultânea, deve existir proteção individual – ou seja, um DR para cada carregador. O mesmo deve ser não superior a 30mA. Para essa classe de equipamento, em especial, utilizar-se-á DR do tipo B; isso porque pode existir corrente residual contínua. Alguns equipamentos já possuem um dispositivo de desconexão caso haja essa fuga, sendo esse o caso, pode ser utilizado DR do tipo A.

- Circuitos separados: Será destinado um circuito elétrico para cada equipamento, garantindo o recomendado no item 8.3 da NBR que diz respeito a proteção em caso de falta. Conseqüentemente, será utilizado um disjuntor termomagnético Curva C para cada estação de carregamento.

- DPS: Deve possuir DPS no sistema elétrico da edificação.

Na residência estudada foi feita uma análise do dimensionamento da alimentação geral (QGD) sem considerar a carga do carregador veicular – caso ela tivesse sido projetada sem prever a futura necessidade - comparada com a consideração da mesma. Abaixo, a tabela 11 expõe o resultado obtido.

Tabela 11 - Comparativo de dimensionamento com inserção de carregador veicular

Dimensionamento QGD			
Situação	Seção	Disjuntor	Carga Instalada
Sem carregador veicular	25mm ²	100 A	49860 W
Carregador de 11kW	35mm ²	125 A	63360 W
Carregador de 22kW	35mm ²	125 A	76860 W

Fonte: Autor (2023)

Nota-se que a inserção da *wall box*, seja de 11kW ou 22kW, impacta diretamente na ligação de entrada da residência. Sem previsão para a carga do

carregador veicular a seção nominal do cabo é inferior ao necessário – 25mm², em contrapartida, a previsão de um carregador de 11kW exige o cabo de 35mm². Muda tanto a seção do cabo quanto o disjuntor. Se o carregador veicular adotado for o de 22kW, é tomada uma mudança drástica: a necessidade de um transformador exclusivo para a edificação. Tais modificações seguem a tabela de ligação da concessionária já apresentada acima na figura 27. Essa ocorrência demonstra que a falta de previsibilidade pode ocasionar um gasto bem maior futuramente com a substituição da entrada de energia da residência. Além disso, vale destacar a intervenção construtiva e estética que seria feita ao inserir a tubulação que liga o quadro de distribuição geral ao equipamento – conforme demonstra um exemplo na figura 38 abaixo.

Figura 38 - Carregador veicular inserido após edificação construída



Fonte: Autor (2023)

4.4.3 Infraestrutura de automação para interruptores e tomadas

Os sistemas de automação interferem diretamente na concepção projetual elétrica da residência. Existem as intervenções que são totalmente direcionadas a uma central de automação que comanda todo o empreendimento e tem infraestrutura independente e autônoma, inclusive com projeto específico e instalações próprias da empresa responsável. Tais intervenções até tornam a rede elétrica convencional redundante e precisam ser feitas na construção da residência. Com a pouca popularidade, embora crescente, esse tipo de sistema ainda não é tão difundido e causa custos que, na maioria das vezes, os proprietários não planejam ter.

Entretanto, a transformação digital da residência pode ser feita com alternativas mais acessíveis e que permitam também uma racionalização do sistema elétrico da residência, proporcionando economia no seu consumo, além de conforto e comodidade ao morador.

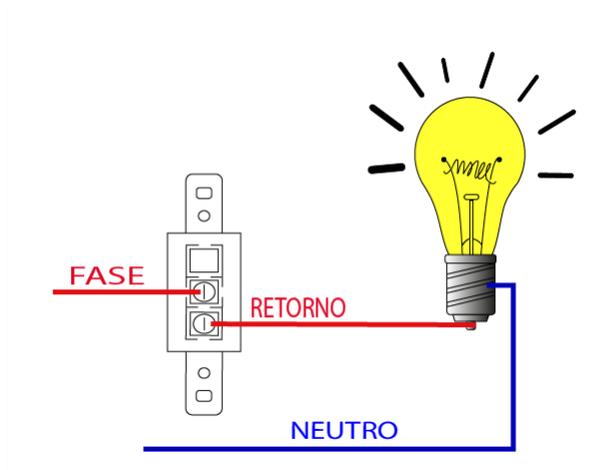
Na edificação estudada tem-se uma grande área construída com diversos cômodos e iluminações distintas, além de potentes equipamentos instalados. Automatizar itens para que seu acionamento e desligamento possam ser controlados e visualizados à distância é uma necessidade latente. Além da possibilidade de programação para o desligamento automático e análise de consumo em tempo real.

A alternativa sugerida para um sistema de automação prático e embutido no sistema elétrico residencial é o uso dos dispositivos *Sonoff*. Os mesmos não exigem tomadas, luzes ou interruptores específicos, trata-se de um equipamento de tamanho suficientemente pequeno para ser embutido na caixa 4x2" do dispositivo elétrico a ser automatizado – ou pode permanecer embutido no forro. Podendo também ser embutido em evaporadora ou condensadora quando se desejar automatizar condicionadores de ar.

Existe, no entanto uma modificação na infraestrutura de fiação para instalação deste equipamento em interruptores. A ligação tradicional, conforme mostrado na figura 39 abaixo, exige a chegada de uma fase e um retorno no interruptor; já com a instalação do equipamento *sonoff*, a ligação é diferente – conforme figura 40. Se o mesmo estiver na caixa do interruptor, faz-se necessário a chegada de um neutro no dispositivo, e dele uma saída de comando até a lâmpada. Sendo essa a única

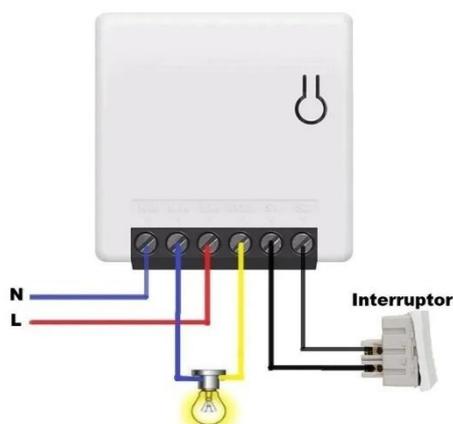
necessidade de compatibilização do sistema para que possa ser acionado de qualquer local com acesso à internet – 3G ou Wi-fi.

Figura 39 - Ligação Convencional do interruptor



Fonte: Autor (2023)

Figura 40 - Ligação com dispositivo sonoff

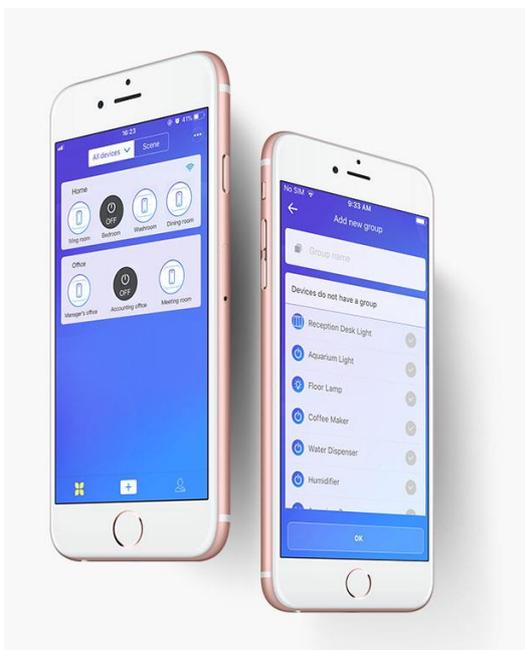


Fonte: Autor (2023)

Além da praticidade na instalação, o sistema do equipamento já possui aplicativo próprio que permite a interação com comandos de voz como *Alexa* e *Google Home*. Além disso, através do aplicativo é possível visualizar os equipamentos da residência que estão ligados, seu consumo em tempo real e programar horários para desligamento automático e religação – inclusive em ciclos pré-estabelecidos, se for desejo do usuário. Abaixo, na figura 41, segue um exemplo de interface do aplicativo com a personalização sendo feita por ambientes que o

usuário tem controle – casa e escritório, por exemplo – e nomeado cada ponto que possui poder de automação, além de enxergar quais dispositivos estão ligados.

Figura 41 - Interface do aplicativo de automação



Fonte: Sonoff Brasil

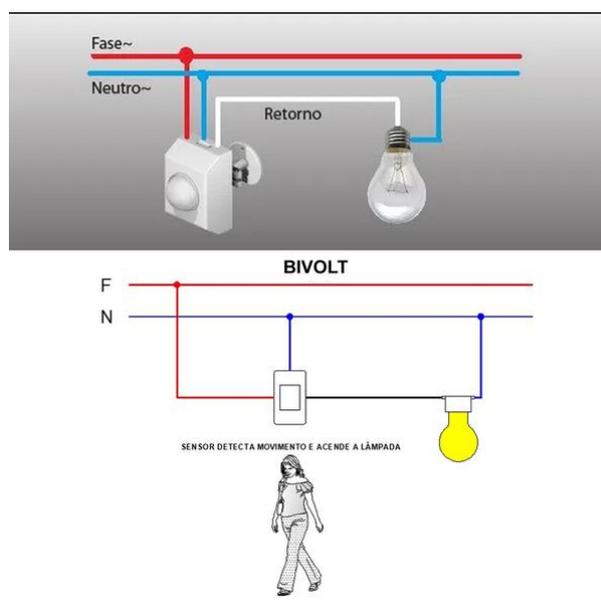
Ao projetar o sistema da residência, analisando as cargas que devem ser racionalizadas, o projetista deve compreender e recomendar quais equipamentos serão otimizados com o uso adequado do sistema de automação.

4.4.4 Sensores de presença

Os sensores de presença têm seu uso bastante consolidado em empreendimentos comerciais e residências multifamiliares – como condomínios. Em residências unifamiliares ainda não são tão comuns, mas vem ganhando espaço com a crescente temática da racionalização do consumo de energia elétrica.

A instalação é semelhante aos interruptores convencionais, adicionando-se apenas o neutro ao sensor - na figura 42 abaixo é indicado o esquema compatível com o equipamento.

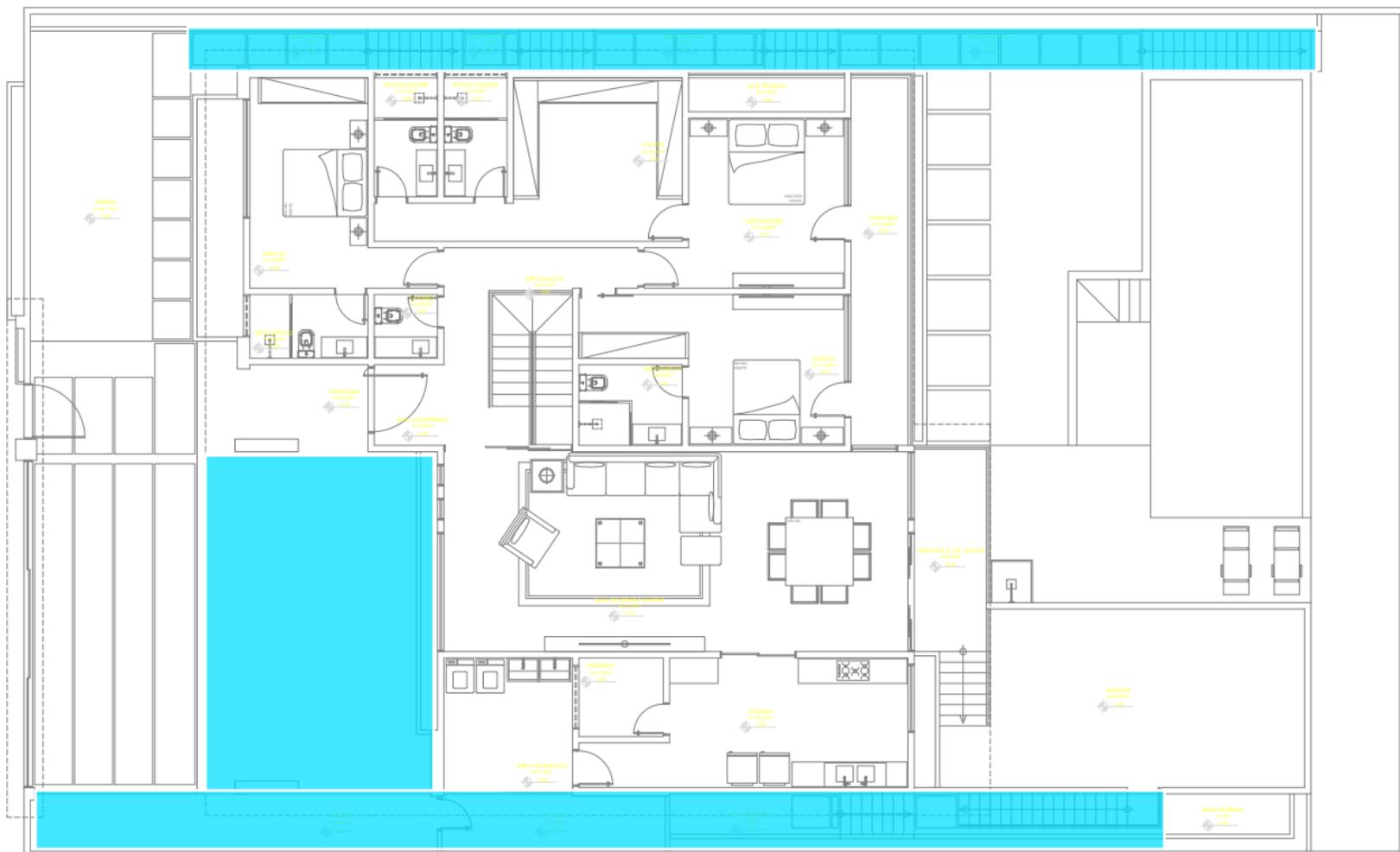
Figura 42 - Esquema de ligação dos sensores de presença



Fonte: Amazon, ILUMI

No projeto estudado, tem-se a utilização dos mesmos em áreas de passagem, externas à edificação – conforme ilustra a figura 43 abaixo. Com isso, tais sensores além de contribuir com a economia da residência são utilizados indiretamente para segurança dos moradores, sendo acionados com a presença. Além disso, vale o destaque para o posicionamento escolhido das arandelas no perímetro da residência: são posicionados na parede da edificação e iluminam o muro. Esse posicionamento é recomendado para identificação mais nítida de transientes na área de circulação referida.

Figura 43 - Mapeamento de iluminação por sensores



Fonte: Autor (2023)

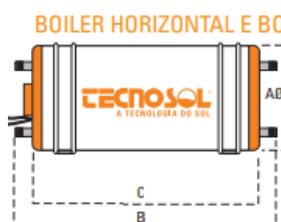
4.4.5 Sistema de água quente através de Boiler

Mesmo se tratando de um sistema hidráulico, o sistema de água aquecida por boiler, nesse caso, foi sugerido pelo projetista de instalações elétricas. Foi feita uma análise de potência instalada na residência e constatado que a utilização de chuveiros elétricos elevaria consideravelmente a carga da residência, tal ocorrência resultaria em algumas consequências significativas financeiramente.

Com a necessidade de 7 chuveiros elétricos para os banheiros da residência e levando em consideração um modelo de alto padrão com 7600W de potência, aplicado ao fator de potência de 0,4 sugerido na figura 6 acima, a carga aumentaria 21800W na potência demandada da residência. Além de elevar a carga e aumentar a seção dos condutores de alimentação geral, a casa ultrapassaria o limite de 75kVA – considerando a previsão posterior dos carregadores veiculares – e exigiria um transformador exclusivo para a residência. Tais custos de instalação seriam largamente superiores a inserir um sistema de água quente - a curto prazo - e contribuiriam significativamente para uma conta de energia maior - trazendo prejuízos a longo prazo. Abaixo, em contrapartida, traz-se uma referência da potência de um boiler que atende à residência com uma potência de 5000W.

Figura 44 - Ficha técnica do boiler de 800l (Ref. Tecnosol)

BOILER HORIZONTAL E BOILER HORIZONTAL DE NÍVEL



- Tanque interno em chapa de *cobre* ou aço inox 304.
- Isolamento Térmico em mantas de lã de rocha ou lã de vidro de 2".
- Revestimento externo em chapa de alumínio, com ótimo acabamento.

CAPACIDADES	DIMENSÕES (mm)			APOIO ELÉTRICO	RESERV.
	A	B	C		
50 litros	460	680	600	1500 W	elétrico
75 litros	460	880	800	1500 W	elétrico
100 litros	460	1080	1000	1500 W	elétrico
150 litros	460	1480	1400	1500 W	elétrico
200 litros	560	1280	1200	2000 W	solar
250 litros	560	1480	1400	2000 W	solar
300 litros	670	1280	1200	3000 W	solar
400 litros	670	1680	1600	3000 W	solar
500 litros	670	2080	2000	3000 W	solar
600 litros	670	2430	2350	3000 W	solar
700 litros	670	2780	2700	3000 W	solar
800 litros	800	2280	2200	5000 W	solar
1000 litros	800	2780	2700	5000 W	solar
1500 litros	800	3930	3850	5000 W	solar

FABRICAMOS RESERVATÓRIOS EM OUTRAS CAPACIDADES, CONSULTE-NOS!

Fonte: Catálogo Tecnosol

4.5 Comparativo econômico

Com a inserção dos sistemas acima citados, foi desenvolvido um orçamento no que tange à área elétrica da construção desta residência - o orçamento detalhado está no Anexo A, ao fim deste trabalho. Abaixo, na tabela 12, nota-se o comparativo entre os custos do sistema elétrico proposto neste trabalho – infraestrutura projetada - e o sistema elétrico de instalações convencionais, além de destacar o custo dos itens para caso sejam adicionados futuramente.

Tabela 12 - Comparativo econômico entre infraestruturas

COMPARATIVO ECONÔMICO	
SISTEMA ELÉTRICO	VALOR
Infraestrutura projetada	R\$ 72.374,88
Infraestrutura convencional	R\$ 70.460,66
Inserção posterior	R\$ 4.788,22
ECONOMIA FINAL OPTANDO POR UM SISTEMA CONVENCIONAL	R\$ 2.874,00

Fonte: Autor (2023)

A inserção contempla, principalmente, a entrada de energia da residência – cabos condutores e disjuntores – e os condutos projetados para espera fotovoltaica e espera para carregadores veiculares. A “economia” com a rejeição da infraestrutura projetada simboliza apenas 2,65% no valor final do sistema elétrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Inserção de infraestruturas de automação

Através do desenvolvimento do projeto de instalações elétricas de baixa tensão voltado para um cenário mais atual e tecnológico, ficou notório o quanto decisões projetuais antecipatórias podem facilitar a vida do cliente posteriormente. Prever e incentivar o uso das tecnologias disponíveis no mercado é dever do responsável técnico, tal como apresentar a melhor solução dentro do escopo de necessidades e condições do cliente final.

Para o estudo de caso, o cliente não tinha interesse em uma infraestrutura exclusiva de automações, nem uma inserção imediata, devido aos custos elevados e complexidade maior em manutenções e ajustes técnicos. Percebendo a importância da racionalização e da praticidade, foi sugerido um sistema – através dos *sonoffs* - que atrelado ao sistema elétrico atenderia às suas necessidades - e seria mais viável financeiramente. Tal sistema pode ser inserido a qualquer momento na rede elétrica convencional da residência – pois estará com infraestrutura em espera - e o projeto está respaldado com as indicações e indicações de ligação do mesmo. Além disso, o uso de sensores em áreas estratégicas – externas – contribui para economia na conta de energia através do uso da iluminação sob demanda.

5.2 Estudo de demandas futuras e seus impactos no sistema elétrico

Foi demonstrado que a análise de cenários, tendências e demandas futuras impactam diretamente no dimensionamento do sistema elétrico. No projeto estudado, a falta de previsibilidade para os carregadores veiculares – que serão necessários em alguns anos – causaria um custo redundante com a substituição da entrada de energia da residência.

Além disso, se analisado em combinação com outros fatores, como o uso de chuveiros elétricos, a potência instalada da residência seria superior aos 75KVA e exigiria um transformador exclusivo para a residência. Esse cenário, por si só, traria gastos excedentes que variam desde o projeto de média tensão, até os custos de aquisição, instalação e manutenção do transformador. A solução proposta e desenvolvida foi a utilização do sistema de aquecimento por boiler junto a um sistema

exclusivo de água quente no projeto hidráulico, trazendo economia a curto e longo prazo.

5.3 Infraestruturas de espera para sistema fotovoltaico

Analisada também a tendência no aumento da geração própria de energia através das placas solares, foi proposto no projeto elétrico desenvolvido as tubulações e caixas de espera para caso seja desejo do cliente – futuramente – a inserção do sistema fotovoltaico. Tal medida diz respeito tanto a praticidade e economia, quanto, principalmente, a conservação estética da edificação - eliminando riscos de tubulações aparentes - e estrutural - evitando rasgos/furos não planejados. Seguindo o mesmo viés, foi projetada a espera para os carregadores veiculares.

Foi percebido um valor irrisório nessa inserção, simbolizando apenas 1,3% do valor final, traduzido como um investimento feito para futuras ações – que certamente acontecerão.

5.4 Compatibilização

Através do processo de compatibilização foi possível evitar diversos retrabalhos que seriam percebidos apenas na execução, além de direcionadas as melhores soluções pelo profissional capacitado. As principais incompatibilidades encontradas foram as passagens horizontais de eletrodutos sobrepondo pilares e conflito entre tubulações de água/esgoto com eletrodutos nas passagens pelo piso de áreas externas. Dentre outras situações encontradas, todas foram ajustados e adicionados detalhes e notas em prancha, quando necessário.

5.5 Custos finais

Os custos finais para execução do sistema proposto foram considerados viável e satisfatório, principalmente por representar menos de 3% no orçamento final e trazer benefícios de comodidade e segurança que permitirão a modernização da residência – seja imediata ou futura.

5.6 Valorização imobiliária

Em se tratando do impacto financeiro de possuir tais tecnologias, ainda não existe uma pesquisa direcionada plenamente para essa direção. No entanto, alguns estudos nos Estados Unidos tratam a respeito. Um dos artigos, intitulado "*The Impact of Smart Home Automation on the Value of Residential Properties*", publicado em 2018, analisou o impacto da automação residencial na valorização de imóveis nos Estados Unidos. A pesquisa foi realizada por meio de uma análise estatística de dados de vendas de imóveis e informações sobre características de automação residencial, como sistemas de segurança, iluminação e termostatos inteligentes.

Os resultados da pesquisa indicaram que a presença de sistemas de automação residencial pode aumentar o valor de um imóvel em até 5%. Além disso, a pesquisa sugeriu que a presença de sistemas de automação pode ser mais valorizada em bairros de alta renda, em imóveis mais novos e em áreas urbanas. Os autores do estudo também observaram que a automação residencial é uma tendência crescente no mercado imobiliário e que pode se tornar um fator cada vez mais importante na valorização de imóveis no futuro.

No Brasil, também em 2018, através da empresa de consultoria imobiliária Lopes, foi analisada a percepção dos compradores de imóveis sobre as vantagens de terem uma casa com tecnologia sustentável. De acordo com a pesquisa, 60% dos entrevistados consideraram importante ter uma casa que use energia solar, e 54% disseram que pagariam mais por um imóvel com essa característica. Além disso, um relatório de 2020 da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) destacou que a energia solar pode adicionar valor aos imóveis no Brasil, já que os consumidores estão cada vez mais conscientes dos benefícios ambientais e econômicos dessa tecnologia.

Alguns consultores imobiliários, os quais tive contato para desenvolver o questionamento, ratificam o que é sugerido nas pesquisas acima: a valorização do imóvel aqui na capital alagoana pode atingir a valorização de até 5% no valor final de venda. É importante destacar que no objeto estudado mesmo que não haja o sistema solar instalado, sua infraestrutura preparada para recebê-lo é um ponto chave na tomada de decisão do cliente final.

6 CONCLUSÕES

Diante de um cenário que demanda tecnologia e inspira a racionalização dos recursos, incluir estes princípios em todos os aspectos da construção civil é primordial. No sistema elétrico, não é diferente. A residência de alto padrão estudada foi projetada analisando detalhadamente a necessidade presente e futura dos usuários. Através das análises feitas, da concepção projetual tanto de infraestrutura quanto econômico, foi possível encontrar resultados que possibilitam afirmar que os objetivos propostos foram alcançados.

O projeto elétrico foi concebido de forma clara, com riqueza de detalhes e representações em prancha que viabilizam uma execução mais precisa e confortável ao executor – tal projeto está contido no Apêndice A desse trabalho. Junto a ele foi incorporado as infraestruturas de espera para os equipamentos vindouros, para o sistema fotovoltaico e carregadores veiculares. Além disso, já contou com a adição sugerida dos sistemas automatizados, através do uso dos *sonoffs*, através da indicação de seus respectivos esquemas de ligação.

O projeto desenvolvido ainda contou com análises técnicas que permitiram auxiliar o cliente na tomada de decisões. Através do estudo de potência instalada, com as previsões de instalação dos carregadores veiculares e de possível uso de chuveiros elétricos, concluiu-se que o sistema de boiler seria a melhor solução para o aquecimento de água. Com essa decisão, afastou-se a possibilidade de instalar um transformador exclusivo para a residência, ocasionando economia significativa a curto prazo.

Com um orçamento prévio, desenvolvido no ciclo de projeto, foi comprovado ao cliente o quão vantajoso seria a longo prazo a inserção de todas as soluções sugeridas pelos projetistas, facilitando sua compreensão e tomada de decisão. Além de manter sua residência bem dimensionada, funcional e segura.

Além disso, com a valorização monetária sugerida no valor do imóvel, fica notório o quanto o investimento para os sistemas sugeridos são rentáveis e, desde então, observados por possíveis compradores.

Por fim, destaca-se a importância de um processo projetual bem definido com todas as partes envolvidas e utilização de tecnologias que facilitem a interação e

criação dos mesmos. Em um mundo cada vez mais acessível a informações e dinâmico quanto às necessidades, torna-se essencial para o projetista buscar soluções personalizadas e que sanem não só as demandas presentes, como prevejam as futuras.

REFERÊNCIAS

API AECWEB. Catálogo Técnico Tecnosol. Disponível em: https://api.aecweb.com.br/cls/catalogos/tecnosol/tecnosol_catalogo.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR. Relatório Anual Fotovoltaico. 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/publicacoes/relatorios/relatorio-absolar-2020/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

AURESIDE - Associação Brasileira de Automação Residencial. Temas Técnicos. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br>>.

CAVALCANTI, Marco. **Atualização do PBE aumenta níveis de eficiência energética de aparelhos de ar-condicionado.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7B8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34%7D¶ms=itemID%3D%7BE0F62DD9-3E53-4891-A3FE-BCE43E6D5309%7D%3B&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em 22 de Outubro de 2022.

CREDER, H. Instalações Elétricas. 16 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 471p

CRUZ, Eduardo César Alves; ANICETO, Larry Aparecido. Instalações elétricas: fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012. 432 p.

CUBIENERGIA. Fator de Demanda. Cubienergia, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cubienergia.com/fator-de-demanda/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

EQUATORIAL ENERGIA ALAGOAS. Normas e padrões técnicos: Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão. Disponível em: https://al.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2023/03/NT.00001.EQTL-07-NT.001.EQTL_Normas-e-Qualidade-Fornecimento-de-Energia-Eletrica-em-Baixa-Tensao.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

FRITADEIRA SEM ÓLEO AIR FRYER 3,5L MONDIAL AF-31 [Produto eletrônico]. Emondial, [s.d.]. Disponível em: <https://www.emondial.com.br/fritadeira-sem-oleo-air-fryer-3-5l-mondial-af-31/p>. Acesso em: 10 abr. 2023.

LIMA FILHO, Domingos Leite. Projeto de Instalações Elétricas Prediais. 12ª ed. São Paulo: Érica, 2011.

LIMA, F. S. de. A Automação e sua evolução. 2003. 3f. Trabalho – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

Lopes. Tecnologia, sustentabilidade e qualidade de vida são tendências que ganham espaço no mercado imobiliário. 2018. Disponível em: <https://www.lopes.com.br/Institucional/Noticias/Noticias/tecnologia-sustentabilidade-e-qualidade-de-vida-sao-tendencias-que-ganham-espaco-no-mercado-imobiliario>. Acesso em: 13 abr. 2023.

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

POSSENTI, Marcos Antônio. Caderno de encargos para elaboração de projetos elétricos residenciais. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

SENSOR BIVOLT DE PAREDE ILUMI [Produto eletrônico]. Amazon, [s.d.]. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Sensor-Bivolt-De-Parede-Ilumi/dp/B08V1XGMNC>. Acesso em: 10 abr. 2023

Sensores de presença de estranhos: tipos e como funcionam. Disponível em: <<https://arguscontrol.com.br/blog/sensores-de-presenca/>> Acesso em 22 de Outubro de 2022.

SONOFF DIY MINI BIVOLT 10A COM SAÍDA PARA INTERRUPTOR CONVENCIONAL E CABE EM UMA CAIXINHA 4X2. A Pronta Entrega!!! [Produto eletrônico]. Shopee, [s.d.]. Disponível em: <https://shopee.com.br/Sonoff-Diy-Mini-Bivolt-10a-Com-Sa%C3%ADda-Para-Interruptor-Convencional-E-Cabe-Em-Uma-Caixa-4x2.-A-Pronta-Entrega!!!-i.289513003.3456967240>. Acesso em: 10 abr. 2023.

TEZA, Vanderlei Rabelo. **Alguns Aspectos sobre a Automação Residencial – Domótica.** 2002.100 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PGCC0636.pdf>>. Acesso em: out. 2022.

VIEWTECH INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Tomada de Embutir 20A Padrão Brasileiro 2P+T 250V IP54 Azul. Viewtech, [s.d.]. Disponível em: https://www.viewtech.ind.br/tomada-de-embutir-20a-padr-o-brasileiro-2p-t-250v-ip54azul?gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tHwsnnqDks16TvHO6H8GKp5lmdZbX3E_1oirgIUgXlyAzJ-bPz72gBoCn64QAvD_BwE. Acesso em: 10 abr. 2023.

WANG, J.; YI, H. The Impact of Smart Home Automation on the Value of Residential Properties. *Journal of Real Estate Research*, v. 40, n. 3, p. 361-387, 2018. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26497950>. Acesso em: 13 abr. 2023

1.1.3.18	3403	ORSE	Interruptor 03 seções simples	Conversão InfoWOrca	un	3	11,30	11,30	20,43	60,27	33,90	0,05 %
1.1.3.19	8001	ORSE	Disjuntor termomagnético tripolar 40 A, padrão DIN (Europeu - linha branca), curva C, 5KA	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	1	112,50	112,50	34,09	30,30	112,50	0,16 %
1.1.3.20	452	ORSE	Disjuntor termomagnético tripolar 63 A, padrão DIN (Europeu - linha branca), curva C	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	2	119,22	119,22	88,18	28,59	238,44	0,33 %
1.1.3.21	9518	ORSE	Disjuntor termomagnético monopolar 25 A, padrão DIN (linha branca), curva de disparo B, corrente de interrupção 5KA, ref.: Siemens 5 SX1 ou similar.	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	4	19,90	19,90	40,92	51,41	79,60	0,11 %
1.1.3.22	11327	ORSE	Tomada dupla, 2p + t, ABNT, de embutir, 20 A, com placa em pvc	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	2	25,40	25,40	20,46	40,28	50,80	0,07 %
1.1.3.23	7871	ORSE	Disjuntor monopolar DR 25 A - Dispositivo residual diferencial, tipo AC, ref. 5SU1 Siemens ou similar	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	4	79,70	79,70	54,56	17,11	318,80	0,44 %
1.1.3.24	8312	ORSE	Disjuntor monopolar DR 40 A - Dispositivo residual diferencial, tipo AC, Siemens ou similar	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	2	232,94	232,94	40,90	8,78	465,88	0,64 %
1.1.3.25	7995	ORSE	Disjuntor termomagnético bipolar 40 A, padrão DIN (Europeu - linha branca), curva C, corrente 5KA	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	2	78,90	78,90	40,90	25,92	157,80	0,22 %
1.1.3.26	8001	ORSE	Disjuntor termomagnético tripolar 40 A, padrão DIN (Europeu - linha branca), curva C, 5KA	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	1	112,50	112,50	34,09	30,30	112,50	0,16 %
1.1.3.27	9041	ORSE	Dispositivo de proteção contra surto de tensão DPS 60kA - 275v	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	4	110,35	110,35	40,92	9,27	441,40	0,61 %
1.1.3.28	12222	ORSE	Quadro de distribuição de embutir, em chapa de aço, para até 08 disjuntores, com barramento, padrão DIN, exclusive disjuntores	Conversão InfoWOrca	un	2	140,31	140,31	99,36	35,41	280,62	0,39 %
1.1.3.29	12228	ORSE	Quadro de distribuição de embutir, em chapa de aço, para até 32 disjuntores, com barramento, padrão DIN, exclusive disjuntores	Conversão InfoWOrca	un	3	533,23	533,23	596,37	37,28	1.599,69	2,21 %
1.1.3.30	8490	ORSE	Disjuntor termomagnético tripolar 100 A, padrão DIN (Europeu - linha branca), 10KA	Fusíveis, Disjuntores e Chaves	un	0	534,00	534,00	0,00	0,00	0,00	0,00 %
1.2			INSTALAÇÕES CLIMATIZAÇÃO								6.519,60	9,01 %
1.2.1	5082	ORSE	Tubulação em cobre Ø 28mm para interligação de Split System ao condensador / evaporador, inclusive isolamento térmico, alimentação elétrica, conexões e fixações para aparelhos até 48.000 btu	Equipamentos e Acessórios para Instalação de Ar Condicionado	m	40	162,99	162,99	2.727,20	41,83	6.519,60	9,01 %
1.3			INSTALAÇÕES DE TELECOMUNICAÇÕES								0,00	0,00 %
1.3.1			ELETRODUTOS E CAIXAS								0,00	0,00 %
										Total sem BDI	72.374,88	
										Total do BDI	0,00	
										Total Geral	72.374,88	