

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO PEDRO RODRIGUES XAVIER

**ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA
TENSÃO**

MANAUS

2025

JOÃO PEDRO RODRIGUES XAVIER

**ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA
TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luiz Eduardo Mateus dos Santos

MANAUS

2025

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

X3e Xavier, João Pedro Rodrigues.
Estudo de caso de um projeto elétrico residencial de baixa tensão / João
Pedro Rodrigues Xavier. – Manaus, 2025.
87 p. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro,
2025.

Orientador: Prof. Me. Luiz Eduardo Mateus dos Santos.

1. Engenharia civil. 2. Instalações elétricas. 3. Projetos elétricos. I.
Santos, Luiz Eduardo Mateus dos. (Orient.) II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 625

JOÃO PEDRO RODRIGUES XAVIER

**ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA
TENSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 27/01/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Luiz Eduardo Mateus dos Santos – IFAM
Orientador

Prof. Esp. Litiko Lopes Takeno – IFAM
Avaliadora

Prof. M.Sc. Alberto Fábio da Silva Taveira – IFAM
Avaliador

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram e até mesmo aos que me atrapalharam, pois o fogo se alimenta de obstáculos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, João Lopes Xavier e Suze Rodrigues Xavier, por todo o zelo e dedicação e por nunca terem poupado esforços comigo, à minha namorada Vittoria Gabrielly Gama Guedes e aos mestres que tive ao longo da graduação que contribuíram de maneira significativa para a minha formação.

E, conquanto julgue esta obra indigna de sua presença, ainda assim muito confio em que, por sua humanidade, ela deva ser acolhida, considerando que de minha parte não lhe poderia ser ofertado maior dom que proporcionar-lhe a faculdade de poder, em brevíssimo tempo, entender tudo o que eu, em tantos anos e por tantas aflições e perigos, conheci e entendi. Não adornei nem recheei esta obra de orações amplas ou de palavras pomposas e magníficas ou de quaisquer outros artificios ou ornamentos extrínsecos, com os quais muitos soem descrever e adornar suas coisas; porque quis que nada mais a honrasse ou tornasse grata senão a exclusiva amplitude da matéria e a gravidade do assunto. Tampouco pretendo que se considere presunção o fato de que um homem de baixo e ínfimo estado ouse discorrer e ditar regras sobre o governo dos príncipes; isto porque, assim como os desenhistas de paisagem se põem num nível baixo a fim de discernir a natureza dos montes e dos lugares altos, e no topo dos montes para observar as zonas baixas, do mesmo modo, para bem conhecer a natureza dos povos, é preciso ser príncipe, e, para conhecer bem a dos príncipes, é necessário pertencer ao povo. (Maquiavel, 1513, p.24).

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) apresenta um estudo de caso de um projeto elétrico residencial de baixa tensão, com o objetivo de identificar as conformidades e não conformidades do projeto de acordo com as normas regulamentadoras vigentes, especificamente a NBR 5410:2004. A análise ressalta a importância do uso de softwares BIM, como o Revit, para facilitar a confecção do projeto, corrigir erros e compatibilizar o projeto elétrico com outros projetos complementares. O estudo demonstra como a aplicação desses softwares pode otimizar o processo de elaboração do projeto elétrico, garantindo maior precisão, eficiência e conformidade com as exigências normativas. A pesquisa também destaca os benefícios da tecnologia BIM na identificação precoce de conflitos e na mitigação de retrabalhos, promovendo uma integração mais eficiente entre as diferentes disciplinas envolvidas no desenvolvimento de projetos de construção.

Palavras-chave: projeto; elétrico; BIM; normas.

ABSTRACT

This graduation thesis (TCC) presents a case study of a low voltage residential electrical project, aiming to identify the project's compliances and non-compliances with the current regulatory standards, specifically NBR 5410:2004. The analysis highlights the importance of using BIM software, such as Revit, to facilitate project drafting, correct errors, and coordinate the electrical project with other complementary projects. The study demonstrates how applying these software tools can optimize the process of developing the electrical project, ensuring greater accuracy, efficiency, and compliance with regulatory requirements. The research also highlights the benefits of BIM technology in early conflict detection and rework mitigation, promoting more efficient integration among the different disciplines involved in construction project development.

Keywords: project; electrical; BIM; standards.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fluxograma de pesquisa.....	38
Figura 2 - BTUs por metro quadrado.....	45
Figura 3 - Potência Instalada calculada pelo Revit.....	48
Figura 4 - Quantitativo de cabos.....	56
Figura 5- Representação do quadro de distribuição de cargas.....	59
Figura 6 - Esquema TN-S.....	60
Figura 7 - Hastes de aterramento e conectores.....	61
Figura 8 - Modelo de aterramento.....	61
Figura 9 - Aterramento em planta.....	62
Figura 10 - Aterramento em 3D.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cargas de Iluminação.....	40
Tabela 2 - Quantidade de TUG's.....	41
Tabela 3 - Tomadas de Uso Específico.....	44
Tabela 4 - Escolha de ar-condicionado.....	46
Tabela 5 - Cálculo de Potência Instalada.....	46
Tabela 5 - Cálculo de Potência Instalada.....	47
Tabela 6 - Fator de Demanda.....	47
Tabela 7 - Divisão de Circuitos.....	49
Tabela 8 - Tipo de Fornecimento.....	50
Tabela 10 - Capacidades de condução de corrente.....	52
Tabela 10 - Capacidades de condução de corrente.....	53
Tabela 11 - Fatores de correção por agrupamento para o método B1.....	54
Tabela 12 - Comparação entre corrente de projeto (I_b) e corrente limite dos condutores.....	54
Tabela 12 - Comparação entre corrente de projeto (I_b) e corrente limite dos condutores.....	55
Tabela 13 - Escolha dos disjuntores.....	56
Tabela 13 - Escolha dos disjuntores.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS DE BAIXA TENSÃO	15
2.1 Componentes Das Instalações Elétricas	15
2.2 Segurança como prioridade	16
2.3 Manutenção	18
2.4 Relevância do tema para a Engenharia Civil	19
2.5 O futuro das instalações elétricas	21
3 NBR 5410:2004	23
3.1 Conceitos gerais da norma	23
3.2 Escopo e aplicabilidade	24
3.3 Principais requisitos para instalações elétricas	25
3.4 Segurança e conformidade	26
3.5 Desafios na Implementação da NBR 5410:2004	27
3.6 Previsão de Cargas	28
3.6.1 Cargas de iluminação	28
3.6.2 Cargas de Tomadas de Uso Geral	28
3.6.3 Cargas de Tomadas de Uso Específico	29
3.7 Dispositivos de Proteção	30
3.7.1 Disjuntores	30
3.7.2 Interruptor Diferencial Residual (IDR)	30
3.7.3 Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS)	31
4 USO DA METODOLOGIA BIM NOS PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS	32
4.1 O que é BIM?	32
4.2 Vantagens de se utilizar o BIM em projetos elétricos	33
4.3 Desafios na Adoção do BIM em projetos elétricos	35
5 METODOLOGIA	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
6.1 Levantamento de Cargas	40

6.1.1 Cargas de Iluminação	40
6.1.2 Cargas de tomadas de uso geral (TUG)	41
6.1.3 Cargas de tomadas de uso específico (TUE)	44
6.1.4 Potência total instalada e potência demandada	46
6.2 Dimensionamento	48
6.2.1 Quantificação dos circuitos	48
6.2.2 Determinação do Tipo de Fornecimento	50
6.2.3 Balanceamento de Cargas	51
6.2.4 Escolha de bitolas	52
6.2.5 Dispositivos de Proteção	56
6.2.6 Quadro de distribuição	58
6.3 Aterramento	59
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A – PLANTA ELÉTRICA DE CIRCUITOS TUGS E DE ILUMINAÇÃO	67
APÊNDICE B – PLANTA ELÉTRICA DE CIRCUITOS TUES E QUADROS	68
APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR	70
APÊNDICE D – QUADRO DE CARGAS E QUANTITATIVOS DE MATERIAIS	71
ANEXO A – PLANTA ARQUITETÔNICA	72

1 INTRODUÇÃO

As instalações elétricas prediais desempenham um papel fundamental na engenharia civil, sendo responsáveis pela distribuição segura e eficiente de energia elétrica em edificações. Esses sistemas garantem que as diversas necessidades de consumo energético sejam atendidas de forma adequada, além de assegurar a proteção dos usuários e a durabilidade da edificação. No entanto, para que esses objetivos sejam alcançados, é indispensável que os projetos de instalações elétricas prediais estejam em conformidade com as normas regulamentadoras vigentes, como as estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A adequação a essas normas não só assegura a segurança do empreendimento, mas também promove a eficiência energética e a redução de custos operacionais. Nesse contexto, o uso de ferramentas BIM (Building Information Modeling), como o software Revit, tem se mostrado um recurso valioso na elaboração de projetos mais detalhados e integrados. Por meio de sua capacidade de gerar modelos tridimensionais e simulações precisas, essas ferramentas permitem uma análise mais completa do sistema elétrico, facilitando a detecção de falhas e inconsistências em fases iniciais do projeto, o que se traduz em obras mais seguras e eficientes.

O argumento principal deste trabalho é que o alinhamento do conhecimento das normas regulamentadoras com o uso de ferramentas BIM, como o Revit, tem o potencial de melhorar significativamente a qualidade dos projetos de instalações elétricas prediais. Essa abordagem não apenas garante a conformidade com padrões de segurança, mas também resulta em projetos que proporcionam ambientes mais saudáveis e com menores custos de manutenção a longo prazo, pois a eficiência energética e a durabilidade dos sistemas são amplificadas por um planejamento cuidadoso e otimizado. Além disso, o uso dessas tecnologias permite uma comunicação mais eficaz entre as diversas disciplinas da engenharia civil, evitando retrabalhos e aumentando a precisão das intervenções durante a execução da obra.

Para explorar essa hipótese, este trabalho irá analisar o projeto elétrico de uma edificação, utilizando-o como estudo de caso. A análise será feita em duas frentes principais: inicialmente, serão destacados os aspectos do projeto que estão em conformidade com as normas vigentes e que contribuem para o bom desempenho da instalação elétrica; em seguida, serão apontadas áreas que estão em não conformidade com as normas pertinentes ou nas quais melhorias poderiam ter sido implementadas, seja no planejamento ou na execução, com foco em como o uso do Revit poderia ter aprimorado essas questões.

A seguinte pesquisa objetiva, de forma geral, assegurar a segurança dos usuários, a eficiência da instalação elétrica e a conservação dos bens, além de fornecer um material didático para profissionais interessados em projetos complementares de instalações elétricas de baixa tensão. Para isso, objetiva especificamente:

- a) revisar a documentação do projeto elétrico e assegurar a conformidade com as normas vigentes;
- b) identificar e corrigir possíveis não conformidades documentais, sugerindo ajustes e melhorias;
- c) propor medidas corretivas e preventivas para minimizar os riscos identificados;
- d) utilizar softwares especializados para a modelagem e análise de projetos elétricos, como AutoCAD, Revit MEP ou similar.

2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS DE BAIXA TENSÃO

As instalações elétricas residenciais desempenham um papel central no funcionamento seguro e eficiente das edificações habitacionais, formando um subsistema essencial que conecta todos os componentes elétricos e eletrônicos à rede de distribuição de energia. Elas abrangem desde a entrada da rede elétrica na residência até a distribuição final de energia para os aparelhos e dispositivos eletrônicos (Cotrim, 2004). O conceito de projeto é:

[...] projetar, criar e apresentar possíveis soluções que possam ser implementadas para a resolução de determinados problemas sem em qualquer área de atuação. O projetista visa atender a solução de uma necessidade, um resultado desejado, um objetivo. (Souza, 2017, p. 20).

O objetivo dessas instalações vai além da simples distribuição de eletricidade; elas são projetadas para assegurar que essa energia seja distribuída de maneira controlada, eficaz e, acima de tudo, segura. Nesse contexto, o correto dimensionamento de fios, o uso adequado de dispositivos de proteção e a implementação de técnicas como o aterramento são elementos cruciais para evitar acidentes e garantir a longevidade dos equipamentos conectados à rede (Cotrim, 2004).

2.1 Componentes Das Instalações Elétricas

O quadro de distribuição de energia, por exemplo, é o coração do sistema elétrico residencial. Nele estão localizados os disjuntores que controlam o fluxo de energia em diferentes circuitos da casa. A função do disjuntor é interromper o fornecimento de energia em casos de sobrecarga ou curto-circuito, protegendo tanto a fiação quanto os equipamentos eletrônicos conectados (Zumba, 2022). Um quadro de distribuição bem planejado não só permite uma gestão eficiente do fornecimento de energia, mas também facilita a manutenção e a expansão futura das instalações, caso necessário. Além disso, a segmentação dos circuitos em diferentes áreas da casa, como iluminação, tomadas e grandes eletrodomésticos, é uma prática fundamental para garantir que problemas localizados não afetem todo o sistema (Souza, 2017). “A instalação deve ser dividida em tantos circuitos quantos necessários, devendo cada circuito ser concebido de forma a poder ser seccionado sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito.” (ABNT, 2004, p.18).

Outro componente fundamental das instalações elétricas residenciais é o sistema de aterramento. O aterramento é responsável por desviar cargas elétricas indesejadas para a terra, evitando que essas cargas causem choques elétricos nos moradores ou danos nos aparelhos eletrônicos. Em uma instalação elétrica segura, o fio de aterramento conecta todos os dispositivos metálicos expostos, como carcaças de eletrodomésticos, a uma haste enterrada no solo, criando um caminho de menor resistência para que qualquer corrente elétrica que fuja do circuito seja dissipada com segurança. A ausência de um sistema de aterramento adequado pode resultar em sérios riscos à segurança, incluindo o aumento das chances de choques elétricos e a elevação do potencial de acidentes fatais (Sonego, 2021).

Os circuitos e pontos de utilização, como tomadas, interruptores e pontos de iluminação, também são partes vitais da infraestrutura elétrica residencial. O posicionamento estratégico de tomadas e interruptores é essencial para otimizar o uso dos espaços internos da residência, garantindo que a eletricidade esteja disponível onde os moradores mais necessitam (Silva, 2011). A distribuição equilibrada de tomadas em diferentes cômodos, por exemplo, ajuda a evitar o uso excessivo de extensões e adaptadores, que podem sobrecarregar o sistema e aumentar os riscos de curto-circuito ou incêndios. Além disso, a escolha de interruptores e tomadas de qualidade, compatíveis com as normas de segurança, é uma medida importante para prevenir o desgaste precoce e falhas no sistema (Dietrich, 2021).

Outro ponto que merece atenção é a iluminação. Um bom projeto de iluminação residencial leva em conta tanto a eficiência energética quanto o conforto visual dos moradores (Silva, 2011). A iluminação direta, indireta, a utilização de lâmpadas LED de baixo consumo e a automação residencial podem contribuir para uma gestão mais eficiente da energia, além de proporcionar maior praticidade no cotidiano dos moradores. Além disso, o uso de sensores de presença em áreas de circulação como corredores e garagens, e de timers ou sistemas de iluminação inteligentes, ajuda a evitar o desperdício de energia, elevando o nível de funcionalidade da instalação elétrica (Muratori, 2011).

2.2 Segurança como prioridade

A concepção adequada de uma instalação elétrica não se limita, porém, à funcionalidade e ao conforto. A segurança elétrica é um dos principais pilares que orientam todo o processo de planejamento e execução dessas instalações. Instalações mal dimensionadas ou que não seguem as normas técnicas podem causar uma série de problemas, como aquecimento excessivo dos cabos, desgaste precoce dos componentes e aumento do

risco de acidentes graves, como incêndios causados por sobrecarga ou curtos-circuitos (Kustija, 2015). Por isso, é imprescindível que todo o sistema elétrico seja dimensionado de acordo com a demanda energética real da residência, levando em consideração tanto os aparelhos já instalados quanto as futuras necessidades dos moradores. A escolha de materiais certificados e de profissionais qualificados para a execução do projeto também é um fator determinante para a segurança e durabilidade do sistema. “As concessionárias de energia elétrica também estabelecem condições técnicas de acordo com sua localização, às quais as instalações devem obedecer para que haja fornecimento de energia elétrica com eficácia e segurança.” (Zumba, 2022, p.13).

A segurança nas instalações elétricas residenciais é um aspecto fundamental que não pode ser subestimado em nenhum projeto (Kade, 2023). Um projeto elétrico bem planejado e executado tem o potencial de evitar uma série de acidentes que podem resultar em consequências graves, como incêndios, choques elétricos e até a morte por eletrocussão. De acordo com diversas estatísticas de segurança, uma quantidade alarmante de incêndios em residências é originada de falhas elétricas, que muitas vezes são decorrentes de instalações inadequadamente projetadas ou executadas sem a devida observância das normas técnicas vigentes (Zator, 2020). Além disso, o desgaste natural gerado pelo tempo, combinado com a falta de manutenção, pode agravar ainda mais esses riscos, criando um cenário perigoso para os moradores.

A realidade é que muitos acidentes elétricos são evitáveis, desde que o planejamento e a execução dos sistemas elétricos sejam conduzidos por profissionais qualificados e experientes (Cotrim, 2003). É essencial que os projetistas e instaladores tenham uma formação sólida e estejam atualizados em relação às normas de segurança, como a NBR 5410 (ABNT, 2004), que regula as instalações elétricas de baixa tensão no Brasil. Esses profissionais devem não apenas ter um entendimento profundo das exigências técnicas, mas também uma consciência clara dos perigos associados ao trabalho com eletricidade. O projeto elétrico deve ser minuciosamente elaborado, considerando fatores como o dimensionamento adequado dos condutores, a proteção contra sobrecargas e curto-circuitos, e o correto aterramento do sistema. A supervisão de órgãos fiscalizadores competentes durante a aprovação do projeto é outra camada importante de proteção, assegurando que as normas de segurança sejam respeitadas e que a instalação atenda aos requisitos necessários para a segurança dos usuários (Souza, 2024).

Outro ponto crítico na garantia da segurança das instalações elétricas é a escolha de materiais de qualidade e certificados (Sonego, 2021). A utilização de cabos, disjuntores,

interruptores e outros dispositivos de proteção que tenham sido testados e aprovados por órgãos competentes é vital para minimizar os riscos de falhas elétricas. Cabos de baixa qualidade ou inadequadamente dimensionados podem sofrer superaquecimento, o que pode levar a incêndios. Da mesma forma, dispositivos de proteção, como disjuntores e dispositivos diferenciais residuais (DR), são essenciais para interromper rapidamente o fornecimento de energia em situações de sobrecarga ou fuga de corrente, evitando assim choques elétricos e incêndios. Portanto, a escolha de materiais deve ser feita com rigor, levando em consideração não apenas o custo, mas também a segurança e a confiabilidade dos componentes instalados (Zumba, 2022).

A segurança elétrica também deve ser uma preocupação em relação à disposição dos circuitos e à segregação das áreas de risco. É imperativo que circuitos que alimentam equipamentos de alta potência, como chuveiros elétricos e ar-condicionado, sejam devidamente separados dos circuitos que alimentam cargas menores, como tomadas e lâmpadas (Cotrim, 2003). Isso minimiza o risco de sobrecargas e garante que, em caso de falha em um circuito, os outros não sejam afetados, reduzindo assim a chance de acidentes. Em áreas úmidas, como cozinhas e banheiros, onde o risco de choque elétrico é significativamente elevado, a instalação de dispositivos DR é uma medida obrigatória que pode salvar vidas (Silva, 2011). Esses dispositivos detectam variações na corrente elétrica e desativam automaticamente o circuito ao perceber uma fuga de corrente, proporcionando uma proteção adicional aos usuários.

Ademais, a conscientização dos moradores sobre segurança elétrica é um elemento que não pode ser ignorado. Mesmo com um projeto bem elaborado e com materiais de qualidade, a segurança elétrica é um esforço conjunto que envolve também o comportamento dos ocupantes da residência. É fundamental que os moradores estejam cientes dos riscos elétricos, como o uso de extensões de forma inadequada, a sobrecarga de tomadas e a utilização de equipamentos em más condições. Campanhas educativas que abordem a segurança elétrica e orientem sobre o uso correto das instalações podem ser extremamente benéficas, contribuindo para a redução do número de acidentes (Zumba, 2022).

2.3 Manutenção

A manutenção periódica das instalações elétricas é um aspecto muitas vezes negligenciado, mas de suma importância para garantir a continuidade do funcionamento seguro e eficiente da rede elétrica residencial (Zator, 2020). Mesmo uma instalação

corretamente projetada e executada pode, ao longo do tempo, sofrer desgastes que comprometem a sua eficiência e a segurança. A inspeção regular dos componentes, como disjuntores, fios e conexões, e a substituição de equipamentos obsoletos ou com sinais de desgaste, ajudam a prevenir falhas e acidentes (Da Silva, 2022). A tecnologia também tem avançado no campo das instalações elétricas, com a introdução de sistemas de monitoramento inteligente que alertam os moradores sobre possíveis falhas ou anomalias na rede, permitindo uma intervenção rápida antes que o problema se agrave (Souza, 2024).

Um projeto adequado deve prever manutenções regulares e periódicas das instalações elétricas (Souza, 2017). Muitas vezes, os proprietários de residências negligenciam a manutenção, acreditando que uma instalação elétrica, uma vez feita, não precisa de atenção. No entanto, a falta de manutenção pode levar ao desgaste e à deterioração dos componentes, aumentando o risco de falhas. As instalações elétricas devem ser inspecionadas regularmente por profissionais qualificados, que possam identificar sinais de desgaste, como isolamentos danificados, pontos de aquecimento anormal e outros indicadores de possíveis problemas. A realização de manutenções preventivas e corretivas não apenas prolonga a vida útil do sistema elétrico, mas também garante a segurança dos moradores (Dietrich, 2021).

2.4 Relevância do tema para a Engenharia Civil

A importância das instalações elétricas residenciais no contexto da engenharia civil é indissociável da concepção de edificações seguras, eficientes e plenamente funcionais (Dietrich, 2021). Embora a execução detalhada e o dimensionamento técnico desses sistemas estejam sob a responsabilidade de engenheiros eletricitas, o engenheiro civil tem um papel crucial na harmonização e na integração das instalações elétricas ao projeto estrutural e arquitetônico de uma edificação. Essa interação é essencial, pois qualquer falha de comunicação ou de planejamento entre as disciplinas pode comprometer a funcionalidade da construção, acarretando problemas futuros que vão desde a incompatibilidade de espaços para os componentes elétricos até falhas de segurança que colocam em risco os moradores (Zumba, 2022). Assim, o engenheiro civil, ao trabalhar em parceria com o engenheiro eletricitista, assegura que todos os elementos da infraestrutura elétrica sejam devidamente considerados no projeto global da edificação.

Um dos primeiros pontos em que a interação entre a engenharia civil e o projeto elétrico se manifesta é na fase de concepção da planta estrutural. Desde o início, o engenheiro civil deve prever espaços adequados para a passagem dos eletrodutos que irão abrigar os

cabos elétricos, garantindo que esses elementos possam ser instalados sem comprometer a estrutura da edificação (Sonego, 2021). A correta localização dos eletrodutos é essencial não apenas para a funcionalidade elétrica, mas também para a preservação das propriedades mecânicas das paredes, lajes e pisos. O engenheiro civil precisa ter um conhecimento suficiente das normas elétricas para evitar que furos excessivos ou que a instalação incorreta dos eletrodutos comprometam a resistência das estruturas (Souza, 2017). Nesse sentido, a integração entre a planta elétrica e a planta estrutural é um aspecto indispensável da execução de projetos seguros e tecnicamente viáveis.

Outro aspecto relevante é a previsão de locais adequados para a instalação de quadros de distribuição de energia, que precisam estar acessíveis e, ao mesmo tempo, resguardados de ambientes úmidos ou de áreas de difícil acesso (Kade, 2023). A localização desses quadros deve ser cuidadosamente planejada para facilitar futuras manutenções, bem como para permitir que o sistema funcione com segurança e eficiência. O engenheiro civil, ao alinhar com o engenheiro eletricitista, deve garantir que esses quadros sejam posicionados em locais compatíveis com a infraestrutura da edificação, assegurando que não haja conflitos com outros subsistemas, como a rede hidráulica, de esgoto ou de telecomunicações (Cotrim, 2003). A disposição adequada dos quadros também precisa atender às normas de acessibilidade e às regulamentações de segurança, assegurando que, em caso de emergência, seja possível desligar a energia da edificação de maneira rápida e segura.

A integração dos sistemas elétricos com outras redes prediais, como a hidráulica e a de telecomunicações, também é uma área em que o engenheiro civil desempenha um papel essencial. O engenheiro civil deve coordenar o planejamento do layout geral da edificação, de modo a garantir que cada sistema tenha o espaço necessário para sua instalação e funcionamento, sem comprometer a integridade dos demais. Isso exige um profundo entendimento das necessidades específicas de cada subsistema, além de uma visão integrada que permita a execução de projetos que sejam, ao mesmo tempo, eficientes e fáceis de manter. A falha em prever essas interações pode resultar em complicações durante a construção ou, pior ainda, em problemas que só se manifestam quando a edificação já está em uso (Souza, 2024).

É importante destacar que, embora a maior parte do detalhamento das instalações elétricas seja realizada por profissionais especializados, o engenheiro civil precisa ter um conhecimento mínimo sobre os conceitos fundamentais envolvidos (Silva, 2011). Isso inclui compreender as exigências de segurança relacionadas ao sistema de aterramento, as limitações impostas pelo dimensionamento dos cabos e dos disjuntores, e as normas que

regulam a instalação de dispositivos como painéis solares e sistemas de energia renovável. Ao possuir esse conhecimento básico, o engenheiro civil pode atuar como um ponto de articulação entre diferentes disciplinas, assegurando que o projeto arquitetônico seja não apenas funcional e esteticamente agradável, mas também tecnicamente viável e seguro (Kustija, 2015).

2.5 O futuro das instalações elétricas

Com novas tecnologias surgindo e uma mudança na visão global, faz-se necessário reinventar-se profissionalmente e adequar-se às mudanças. Uma dessas mudanças é a automação. O conceito de automação é:

É o 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. (Muratori, 2011, p.70).

A utilização de dispositivos de automação residencial é outra tendência crescente que os engenheiros civis precisam considerar. A automação permite que os moradores controlem diversos aspectos de suas residências, desde a iluminação até a segurança, utilizando tecnologia conectada (Souza, 2024). Para que esses sistemas funcionem de forma otimizada, é necessário um planejamento elétrico detalhado que preveja circuitos adequados, conectividade e integração com as redes existentes. Isso exige um conhecimento profundo das tecnologias emergentes e capacidade de adaptá-las ao contexto específico de cada projeto. Assim, a formação contínua e a atualização em relação às inovações tecnológicas tornam-se essenciais para os profissionais da engenharia civil (Lefort, 2013).

Outro aspecto que desafia a integração dos sistemas nas edificações contemporâneas é a previsão de infraestrutura para veículos elétricos. Com o aumento do uso de automóveis elétricos, a demanda por estações de recarga se intensifica. Os engenheiros civis devem ser capazes de projetar espaços que integrem essas estações de forma eficiente, garantindo que a fiação necessária para a recarga seja instalada de acordo com os padrões de segurança e funcionalidade, sem comprometer a estética ou a funcionalidade da edificação (Muratori, 2011). Isso requer uma abordagem proativa na fase de planejamento, onde as necessidades futuras devem ser consideradas desde o início, evitando adaptações custosas e complexas após a construção.

A complexidade do projeto elétrico também aumenta quando se considera a integração de sistemas de automação e de energias renováveis, como a instalação de painéis solares (Silva, 2011).

Os Sistemas FV convertem a luz do sol em energia elétrica e podem contribuir de forma significativa para a geração da energia elétrica consumida nos grandes centros urbanos. Por tratar-se de uma forma de geração limpa e possibilitar que esta geração esteja junto ao ponto de consumo, eliminam-se uma série de problemas relativos aos sistemas tradicionais de geração e distribuição de energia elétrica. (Santos, 2008, p.2).

Esses sistemas introduzem novas demandas no projeto elétrico, exigindo cálculos adicionais para garantir que a infraestrutura existente seja capaz de lidar com a produção e distribuição de energia de maneira eficiente e segura. No caso da automação residencial, é necessário prever circuitos de baixa tensão para os sistemas de controle, além de garantir que o cabeamento e os dispositivos estejam devidamente protegidos contra interferências e falhas elétricas.

A expansão das cidades, acompanhada pelo aumento populacional e pela necessidade de novas habitações e infraestruturas, coloca a engenharia civil na linha de frente da inovação. Nesse contexto, a integração de sistemas elétricos e energéticos, como a energia fotovoltaica, se torna uma prioridade (Sonego, 2021). A instalação de painéis solares, por exemplo, não é apenas uma questão de adicionar um novo componente à edificação, mas sim de repensar todo o projeto elétrico para que ele possa acomodar e maximizar essa nova fonte de energia. Os engenheiros civis devem colaborar com especialistas em energia solar para garantir que a estrutura do edifício suporte adequadamente os painéis, enquanto se certificam de que a fiação e os sistemas de armazenamento estejam dimensionados corretamente e em conformidade com as normas vigentes. Essa colaboração interdisciplinar é essencial, pois a integração de tecnologias renováveis pode impactar não apenas o desempenho energético do edifício, mas também sua viabilidade econômica e sua aceitação pelo mercado (Kustija, 2015).

3 NBR 5410:2004

A NBR 5410:2004 é uma norma brasileira da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que trata das instalações elétricas de baixa tensão. Ela estabelece os requisitos e critérios para o projeto, execução, operação e manutenção dessas instalações, com o objetivo de garantir a segurança, eficiência e qualidade dos sistemas elétricos em edificações, sejam residenciais, comerciais ou industriais.

3.1 Conceitos gerais da norma

A norma em questão, desenvolvida pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão do Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-03), é fundamental para garantir a segurança e a eficiência nas instalações elétricas. Esta norma foi baseada nas diretrizes da série IEC 364, que trata das instalações elétricas em edifícios, refletindo as melhores práticas internacionais no setor elétrico (ABNT, 2004).

- a) objetivo da norma: o principal objetivo da norma é estabelecer requisitos técnicos e de segurança para a instalação de sistemas elétricos de baixa tensão. Isso inclui a proteção contra riscos elétricos, a eficiência energética e a conformidade com as regulamentações locais e internacionais;
- b) importância da conformidade: a conformidade com esta norma é crucial para prevenir acidentes e garantir a segurança dos usuários e profissionais que trabalham com instalações elétricas. a norma fornece diretrizes claras sobre como projetar, instalar e manter sistemas elétricos, minimizando riscos de falhas e acidentes;
- c) estrutura da Norma: a norma é composta por vários anexos que têm caráter normativo, abordando diferentes aspectos das instalações elétricas, como medições de segurança, requisitos de materiais e métodos de teste. Os anexos A a F, por exemplo, detalham procedimentos específicos que devem ser seguidos para garantir a conformidade e a segurança das instalações elétricas;
- d) relevância no contexto brasileiro: no Brasil, a adoção desta norma é essencial para alinhar as práticas locais às normas internacionais, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. A norma não apenas orienta os profissionais da área, mas também contribui para a formação de uma cultura de segurança elétrica no país.

A NBR 5410:2004 é um documento vital que orienta a prática de instalações elétricas de baixa tensão, garantindo que sejam realizadas de maneira segura e eficiente, em conformidade com as melhores práticas internacionais.

3.2 Escopo e aplicabilidade

A norma em questão abrange uma ampla gama de aplicações e contextos, visando garantir a segurança e a eficiência das instalações elétricas de baixa tensão. A seguir, são detalhados os principais aspectos do escopo e da aplicabilidade da norma (ABNT, 2004):

- a) aplicações Gerais: a norma é aplicável a todas as instalações elétricas de baixa tensão, que incluem, mas não se limitam a, residências, edifícios comerciais e industriais. Isso garante que todos os ambientes que utilizam eletricidade estejam em conformidade com os padrões de segurança estabelecidos;
- b) equipamentos elétricos: a norma também se aplica a equipamentos e sistemas específicos, como ferramentas portáteis e aparelhos de medição, que devem ser alimentados de acordo com as diretrizes estabelecidas. Isso é crucial para garantir que esses dispositivos operem de maneira segura e eficiente, minimizando os riscos de acidentes elétricos;
- c) instalações em ambientes úmidos: um aspecto importante da norma é sua aplicabilidade em áreas onde há maior risco de choque elétrico, como em piscinas e áreas adjacentes. As prescrições específicas para esses locais são fundamentais, pois a resistência elétrica do corpo humano pode ser reduzida devido à umidade, aumentando o risco de acidentes;
- d) métodos de Teste e Medição: a norma inclui diretrizes para a medição da resistência elétrica de pisos e paredes, usando equipamentos adequados, como um ohmímetro. Isso é essencial para garantir que as instalações atendam aos requisitos de segurança e eficiência elétrica;
- e) transformadores de separação: a norma também menciona o uso de transformadores de separação, que podem ter várias inscrições secundárias. Isso é relevante para a distribuição de energia elétrica de forma segura e eficiente em diferentes circuitos;
- f) tensão de segurança: a norma estabelece que as instalações devem operar em tensão de segurança extra baixa, o que é um fator crítico para a proteção de usuários e

equipamentos. Essa abordagem visa minimizar os riscos associados às tensões mais altas, que podem ser perigosas.

A norma abrange uma variedade de aplicações e contextos, garantindo que as instalações elétricas de baixa tensão sejam realizadas de maneira segura e eficiente, com diretrizes específicas para diferentes ambientes e equipamentos. A conformidade com essas diretrizes é essencial para a proteção dos usuários e a integridade das instalações elétricas.

3.3 Principais requisitos para instalações elétricas

De acordo com as normas estabelecidas para instalações elétricas, vários requisitos críticos devem ser cumpridos para garantir segurança, eficiência e confiabilidade. Uma das principais estipulações é que todos os projetos elétricos, incluindo projeto, execução e manutenção, devem ser confiados apenas a pessoas qualificadas. Isso é essencial para garantir que o trabalho esteja em conformidade com os padrões e regulamentos relevantes, minimizando assim o risco de acidentes ou falhas no sistema elétrico (ABNT, 2004).

Outro requisito significativo é a necessidade de separação elétrica adequada entre partes vivas de dispositivos elétricos e circuitos de alta tensão. Especificamente, deve haver uma separação elétrica equivalente à encontrada entre os enrolamentos primário e secundário de um transformador de segurança. Isso é crucial para evitar o contato acidental com componentes de alta tensão, o que pode causar choques elétricos graves ou danos ao equipamento (ABNT, 2004).

Além disso, as instalações devem ser divididas em vários circuitos com base nas necessidades operacionais. Cada circuito deve ser projetado para permitir a desconexão sem o risco de reenergização inadvertida por meio de outro circuito. Esse requisito é vital para manutenção e solução de problemas, pois garante que os técnicos possam trabalhar com segurança em uma parte do sistema sem afetar outras (ABNT, 2004).

A seleção e instalação de componentes elétricos também devem ser feitas com cuidado para evitar superaquecimento, o que pode levar a riscos de incêndio. Os componentes devem ser escolhidos de forma que suas temperaturas operacionais normais não representem o risco de inflamar materiais próximos. Se as temperaturas da superfície desses componentes provavelmente não causarem combustão, nenhuma medida de proteção adicional será necessária (ABNT, 2004).

Além disso, é imprescindível que o aterramento do equipamento elétrico seja feito corretamente. Massas de equipamentos elétricos não devem ser intencionalmente conectadas

ao solo ou a condutores de proteção de outras instalações, a menos que se possa garantir que essas peças não excederão o potencial do circuito SELV (Sistema de Extra Baixa Tensão) considerado. Esse requisito é crucial para manter a integridade do sistema elétrico e garantir a segurança do usuário (ABNT, 2004).

Por fim, a instalação dos condutores deve ser executada somente após a conclusão da rede de conduítes e de todos os serviços de construção que possam danificá-los. Os condutores devem ser instalados em um sistema de condutas limpo para garantir sua longevidade e confiabilidade. Esse requisito enfatiza a importância de práticas de instalação adequadas para evitar complicações futuras (ABNT, 2004).

3.4 Segurança e conformidade

A segurança é uma preocupação primordial em instalações elétricas, e a adesão aos padrões estabelecidos é essencial para mitigar os riscos associados aos riscos elétricos. Os padrões determinam medidas de segurança específicas que devem ser implementadas, incluindo a exigência de valores adequados de resistência de isolamento. A resistência do isolamento é fundamental para evitar choques elétricos e garantir a confiabilidade da instalação. De acordo com os padrões, a resistência de isolamento deve ser medida entre condutores ativos e entre condutores ativos e o solo. Essa medição deve gerar valores que atendam ou excedam os limites mínimos especificados nos regulamentos, garantindo que a instalação seja segura para operação e minimize o risco de falhas elétricas (ABNT, 2004).

Além da resistência de isolamento, a incorporação de dispositivos de proteção em circuitos elétricos é uma medida de segurança fundamental. Esses dispositivos, como disjuntores e dispositivos de corrente residual (RCDs), são projetados para desconectar automaticamente a alimentação elétrica em caso de falha, protegendo os usuários de possíveis choques elétricos e evitando riscos de incêndio. Os padrões enfatizam a importância de selecionar dispositivos de proteção apropriados com base nas características dos circuitos e nos tipos de cargas conectadas. Por exemplo, em circuitos onde o risco de contato indireto é maior, o uso de RCDs é particularmente crucial para garantir que qualquer corrente de fuga seja rapidamente detectada e interrompida (ABNT, 2004).

A conformidade com os padrões brasileiros, bem como com os padrões internacionais, como os estabelecidos pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) e pela Organização Internacional de Padronização (ISO), é vital para garantir a segurança e a confiabilidade das instalações elétricas. Os padrões brasileiros são desenvolvidos para atender às necessidades e

condições específicas do ambiente local, enquanto os padrões IEC e ISO fornecem uma estrutura mais ampla que é reconhecida globalmente. A adesão a esses padrões não apenas aumenta a segurança, mas também garante que as instalações sejam compatíveis com as práticas internacionais, facilitando o comércio e a colaboração entre fronteiras. A conformidade com esses padrões geralmente é uma exigência legal, e o não cumprimento pode resultar em penalidades, maior responsabilidade e possíveis danos aos usuários (ABNT, 2004).

A importância de inspeções e manutenções regulares não pode ser exagerada. Avaliações regulares da resistência do isolamento e da funcionalidade dos dispositivos de proteção são necessárias para garantir a conformidade contínua com os padrões de segurança. Essas inspeções ajudam a identificar possíveis problemas antes que eles se transformem em problemas sérios, mantendo assim a integridade da instalação elétrica ao longo do tempo. Ao priorizar as medidas de segurança e a conformidade com os padrões estabelecidos, as partes interessadas podem criar um ambiente mais seguro para os usuários e garantir a longevidade e a confiabilidade dos sistemas elétricos (ABNT, 2004).

3.5 Desafios na Implementação da NBR 5410:2004

A implementação das diretrizes da NBR 5410:2004 enfrenta diversos desafios no Brasil, refletindo um cenário complexo que envolve fatores técnicos, econômicos e culturais. Um dos principais obstáculos à efetiva aplicação da norma é a falta de profissionais capacitados para interpretar e aplicar suas diretrizes de maneira adequada. Muitas vezes, a mão de obra disponível no mercado não possui o conhecimento técnico necessário para garantir que as instalações elétricas atendam aos padrões estabelecidos. Essa carência de qualificação resulta em instalações que não apenas são inadequadas, mas também potencialmente perigosas, comprometendo a segurança dos usuários e a integridade das edificações (Gomes, 2023).

Além disso, a resistência de alguns profissionais e empresas à adoção das normas se deve, em grande parte, à busca por economia. Em um contexto onde a redução de custos é frequentemente priorizada em detrimento da qualidade e da segurança, a utilização de materiais inadequados ou a realização de instalações improvisadas tornam-se práticas comuns. Esse comportamento não apenas compromete a segurança das instalações elétricas, mas também afeta a durabilidade e a eficiência dos sistemas implementados. O uso de produtos de

baixa qualidade ou a omissão de componentes essenciais, como disjuntores e fusíveis, pode resultar em falhas catastróficas, expondo os usuários a riscos desnecessários (Lima, 2022).

Outro desafio importante é a fiscalização das instalações elétricas, que muitas vezes se mostra inadequada e ineficaz. A falta de fiscalização rigorosa permite que construções que não seguem as diretrizes da NBR 5410 sejam aprovadas, perpetuando um ciclo de descaso com a segurança elétrica. A ausência de um sistema de controle efetivo não apenas prejudica a implementação da norma, mas também desestimula os profissionais comprometidos que buscam atuar dentro dos padrões estabelecidos. Esse cenário ressalta a necessidade urgente de um aprimoramento nos processos de fiscalização e aprovação de projetos, de forma a garantir que todos os aspectos das instalações elétricas sejam devidamente avaliados e que as normas sejam rigorosamente cumpridas (Lima, 2017).

3.6 Previsão de Cargas

A seguir serão detalhadas as previsões feitas pela NBR 5410:2004 no tocante à previsão de cargas de iluminação, tomadas de uso geral e específico.

3.6.1 Cargas de iluminação

De acordo com a NBR-5410:2004, deve-se prever a seguinte quantidade de carga de iluminação, a depender da área da dependência:

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

3.6.2 Cargas de Tomadas de Uso Geral

A norma NBR 5410:2004 leva em conta dois fatores na previsão do número de pontos de tomada, bem como a carga de cada um desses pontos:

- a) em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório;
- b) em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- c) em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;
- d) em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- e) nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

3.6.3 Cargas de Tomadas de Uso Específico

A norma prevê o seguinte para tomadas de uso específico (TUE): “Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.” (ABNT, 2004, p. 182). A norma também prevê a seguinte condicionante para a quantidade de potência atribuída a cada TUE: “quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados.” (ABNT, 2004, p. 13). Para circuitos de tomadas de uso específico, normalmente se utiliza um fator de potência de 1 (ou próximo disso) porque esses circuitos são projetados para alimentar equipamentos que consomem energia de maneira eficiente, sem gerar potência reativa significativa.

3.7 Dispositivos de Proteção

A seguir serão expostos quais dispositivos de proteção foram utilizados no projeto e seus critérios de dimensionamento.

3.7.1 Disjuntores

A escolha dos disjuntores é algo que o projetista deve ter atenção especial, pois a falha de dimensionamento pode acarretar danos graves à estrutura da instalação e até mesmo danos físicos aos usuários. A norma explicita as condições para o dimensionamento adequado:

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-la devem ser tais que:

- a) $I_b \leq I_n \leq I_z$; e
- b) $I_2 \leq 1,45 I_z$

Onde:

I_b é a corrente de projeto do circuito;

I_z é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação (ver 6.2.5);

I_n é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação;

I_2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis. (ABNT, 2004, p. 63).

3.7.2 Interruptor Diferencial Residual (IDR)

O IDR protege as pessoas contra choques elétricos. Ele monitora a corrente elétrica que flui através de um circuito e, se detectar uma diferença entre a corrente que entra e a corrente que sai (indicando uma fuga de corrente), ele interrompe o circuito rapidamente, evitando acidentes. A norma expõe os casos em que se faz necessário o uso de IDR:

Além dos casos especificados na seção 9, e qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto

de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal I_n igual ou inferior a 30 mA:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço,

garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens. (ABNT, 2004, p.49).

3.7.3 Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS)

O DPS protege os equipamentos elétricos contra surtos de tensão, que podem ser causados por raios, partida de grandes motores ou outros eventos que geram picos de tensão. Ele atua desviando esses picos para o terra, evitando danos aos aparelhos elétricos e eletrônicos. A norma detalha os casos em o mesmo deve ser utilizado na instalação elétrica:

5.4.2.1.1 Deve ser provida proteção contra sobretensões transitórias, com o uso dos meios indicados em 5.4.2.1.2, nos seguintes casos: a) quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano); b) quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3 (ver tabela 15) (ABNT, 2004, p. 70).

Quanto ao uso e localização do DPS, a norma determina o seguinte:

Nos casos em que for necessário o uso de DPS, como previsto em 5.4.2.1.1, e nos casos em que esse uso for especificado, independentemente das considerações de 5.4.2.1.1, a disposição dos DPS deve respeitar os seguintes critérios: a) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada; ou b) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação (ABNT, 2004, p. 130).

4 USO DA METODOLOGIA BIM NOS PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS

O uso do BIM veio para auxiliar os profissionais e estudantes a entender de forma mais simples, a criar de forma mais rápida e a corrigir problemas de um jeito nunca antes visto.

4.1 O que é BIM?

Antes de explorar a relação entre BIM e instalações elétricas prediais, faz-se de extrema importância entender primeiramente o que é o BIM. *Building Information Modeling* (BIM) é uma metodologia de gerenciamento de informações para projetos de construção que utiliza modelos digitais ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação ou infraestrutura. O BIM representa não apenas a geometria tridimensional do edifício, mas também uma gama de informações semânticas, como funções, materiais e relacionamentos entre os componentes. Este modelo digital permite uma coordenação mais eficaz nas atividades de design, construção e operação, reduzindo erros e aumentando a eficiência e a qualidade dos projetos (Borrmann, 2018).

Ainda segundo (Borrmann, 2018), o BIM serve para:

- a) visualização técnica e coordenação: permite a criação de visualizações e a coordenação entre disciplinas técnicas, facilitando a detecção de conflitos e a resolução de problemas antes da construção física;
- b) automatização de processos: oferece a possibilidade de automatizar a criação de desenhos técnicos e quantitativos, aumentando a precisão e a consistência;
- c) integração de simulações: utilizado como base para diversas simulações, como análise de desempenho energético e cálculos estruturais;
- d) operação e manutenção: durante a fase de operação, o modelo BIM facilita a manutenção, pois armazena informações críticas sobre os sistemas e componentes do edifício.

Assim, o BIM é uma ferramenta poderosa para gerenciar o fluxo de informações, promover a colaboração entre equipes e otimizar a tomada de decisões em todas as etapas de um projeto.

O BIM tem suas raízes na evolução das tecnologias de modelagem digital que surgiram dos primeiros esforços de design assistido por computador (CAD) em vários setores. Inicialmente, muitos setores, incluindo petroquímico, automotivo e de construção naval,

desenvolveram ferramentas de análise integradas e modelagem paramétrica baseada em objetos, que estabeleceram as bases para o BIM. No entanto, a indústria da construção demorou a adotar esses avanços, permanecendo amplamente dependente dos métodos tradicionais de projeto 2D por um longo período (Volk, 2014). A introdução da modelagem BIM começou no início dos anos 2000, principalmente por meio de projetos piloto destinados a aprimorar os processos de design de edifícios utilizados por arquitetos e engenheiros. Essa mudança marcou um ponto de inflexão significativo, pois permitiu um melhor pré-planejamento, design, detecção de conflitos, visualização, quantificação, cálculo de custos e gerenciamento de dados (Volk, 2014).

O BIM é definido pelos padrões internacionais como uma representação digital compartilhada das características físicas e funcionais dos objetos construídos, que serve como uma base confiável para a tomada de decisões. O conceito de BIM está intimamente ligado à ideia de modelos de produtos, que têm sido amplamente aplicados em vários setores. O BIM representa edifícios reais virtualmente ao longo de todo o seu ciclo de vida, criando modelos digitais semanticamente enriquecidos e consistentes. Esses modelos são construídos usando software orientado a objetos, consistindo em objetos paramétricos que representam componentes de construção, que podem incluir atributos geométricos e não geométricos (Volk, 2014).

À medida que a tecnologia BIM evoluiu, ela começou a abranger várias funcionalidades, incluindo modelagem 3D para representação espacial, 4D para agendamento de construção e 5D para cálculos de custos (Volk, 2014). A crescente complexidade dos edifícios e as diversas necessidades das partes interessadas nos setores de arquitetura, engenharia, construção, gerenciamento de instalações e desconstrução (AECFMD) impulsionaram a adoção do BIM. Essa tecnologia não apenas facilita melhores processos de projeto e construção, mas também apoia os esforços de manutenção, reforma e desconstrução, destacando sua versatilidade e importância nas práticas modernas de construção (Volk, 2014). No geral, as origens do BIM refletem uma transformação significativa no setor de construção, passando dos métodos tradicionais para uma abordagem mais integrada e baseada em dados.

4.2 Vantagens de se utilizar o BIM em projetos elétricos

O uso do BIM para instalações elétricas de baixa tensão oferece uma série de vantagens significativas para o desenvolvimento desses projetos. Uma das principais

vantagens está na possibilidade de criar uma modelagem tridimensional integrada e detalhada, que facilita a visualização e o planejamento das instalações, como pontos de luz, tomadas e condutores. Essa visualização em 3D permite que os profissionais verifiquem a viabilidade espacial dos componentes e identifiquem possíveis conflitos de projeto, reduzindo erros e retrabalhos. Além disso, o BIM possibilita uma comunicação mais clara entre as diferentes equipes de engenharia, promovendo uma coordenação mais precisa entre as disciplinas (Annes, 2021).

O BIM também oferece vantagens na geração de documentação e relatórios de projeto. O software é capaz de gerar automaticamente listas de materiais detalhadas e distribuir as plantas em pranchas, o que torna o processo de documentação mais eficiente e menos suscetível a erros. Esses relatórios incluem informações importantes, como o cálculo de queda de tensão, o que seria mais complexo e demorado em métodos tradicionais. No BIM, todos os caminhos são analisados e a máxima queda de tensão é identificada automaticamente, o que melhora a precisão dos cálculos e facilita a adequação do projeto às normas vigentes (Annes, 2021).

Por fim, o BIM proporciona uma integração e interoperabilidade com outras disciplinas de engenharia, o que é essencial em projetos multidisciplinares. A possibilidade de importar modelos arquitetônicos e trabalhar de forma integrada com outras áreas permite que o projeto elétrico seja ajustado conforme alterações arquitetônicas ou estruturais, garantindo que todos os sistemas estejam em harmonia. Essa interoperabilidade facilita também o planejamento da instalação elétrica em construções mais complexas, onde diferentes sistemas precisam coexistir sem conflitos (Annes, 2021).

Como o foco deste presente trabalho será sobre o software Revit, vale ressaltar que o uso do Revit para elaboração de projetos elétricos tem se mostrado altamente proveitoso, especialmente em contextos que exigem coordenação entre múltiplas disciplinas. A experiência com o Revit evidenciou que ele proporciona ganhos significativos em precisão e eficiência no desenvolvimento dos projetos elétricos. Além disso, o software facilita a comunicação entre as equipes de engenharia e arquitetura, o que contribui para uma execução mais integrada e com menos conflitos. O Revit, portanto, é uma ferramenta que não apenas atende às demandas técnicas do projeto elétrico, mas também otimiza o processo como um todo, favorecendo a qualidade final e a conformidade com normas e especificações (Al-Rawi, 2021).

4.3 Desafios na Adoção do BIM em projetos elétricos

A integração do Building Information Modeling (BIM) em projetos elétricos apresenta vários desafios que podem dificultar sua aplicação efetiva. Embora o BIM ofereça inúmeras vantagens, como colaboração aprimorada e gerenciamento de dados, a transição dos métodos tradicionais para o BIM pode ser complexa e exigente. Uma das principais dificuldades no uso do BIM para projetos elétricos é a necessidade de conhecimento técnico avançado.

[...]o BIM exige mais conhecimento técnico em relação à forma de trabalho, dos aplicativos utilizados e também um suporte de tecnologia da informação (TI) mais amplo (Lamas, 2017, p.1).

Esse requisito pode ser uma barreira para profissionais acostumados aos métodos convencionais de design. Muitos engenheiros elétricos podem não estar preparados para as ferramentas e processos sofisticados que o BIM envolve, levando a uma curva de aprendizado acentuada que pode atrasar os cronogramas do projeto e aumentar os custos (Lamas, 2017).

A interoperabilidade entre diferentes plataformas de software é outro desafio significativo, Lamas (2017, p.1) enfatiza a importância da interoperabilidade por meio do uso do protocolo Industry Foundation Classes (IFC), que é essencial para garantir que várias ferramentas de software possam se comunicar de forma eficaz. No entanto, alcançar uma interoperabilidade perfeita pode ser difícil, levando à possível perda de dados ou falhas de comunicação entre as partes interessadas do projeto. Esse problema é particularmente pronunciado em projetos elétricos, nos quais a integração de vários sistemas, como iluminação, distribuição de energia e segurança contra incêndio, exige uma coordenação precisa. Se as ferramentas de software usadas por equipes diferentes não funcionarem bem juntas, isso pode resultar em erros que podem não ser descobertos até estágios posteriores do projeto, causando atrasos e retrabalhos dispendiosos (Lamas, 2017).

A mudança das práticas tradicionais de design para uma abordagem centrada no BIM exige uma mudança cultural nas organizações. Essa transição pode ser enfrentada com a resistência dos membros da equipe que estão acostumados com fluxos de trabalho estabelecidos. (Lamas, 2017, p.1) ressalta que “situações inerentes a novas formas de concepção e de mudança cultural na forma de projetar são abordados com base no fluxo de trabalho em BIM”. Essa resistência cultural pode retardar a adoção do BIM em projetos elétricos, pois os membros da equipe podem hesitar em adotar novas tecnologias e processos. Superar essa resistência exige uma liderança forte e um compromisso com treinamento e

suporte, garantindo que todos os membros da equipe entendam os benefícios do BIM e estejam preparados para usá-lo de forma eficaz (Lamas, 2017).

Além disso, a complexidade de criar modelos BIM detalhados para sistemas elétricos também pode representar desafios. Projetos elétricos geralmente envolvem projetos complexos que exigem modelagem precisa para evitar conflitos com outros sistemas, como encanamentos ou elementos estruturais. Existe a necessidade de verificações completas de compatibilidade entre vários componentes do projeto para minimizar esses conflitos. Essa complexidade pode levar a maiores cargas de trabalho para engenheiros elétricos, que devem garantir que seus projetos não sejam apenas precisos, mas também compatíveis com o projeto geral. Como resultado, o tempo e o esforço necessários para desenvolver e manter esses modelos podem ser significativos, potencialmente compensando alguns dos ganhos de eficiência que o BIM pretende fornecer (Lamas, 2017).

Embora o BIM ofereça benefícios significativos para projetos elétricos, os desafios do conhecimento técnico, da interoperabilidade, das mudanças culturais e da complexidade do modelo devem ser enfrentados para aproveitar totalmente seu potencial. Superar essas dificuldades é essencial para melhorar a colaboração e a eficiência no projeto e execução de sistemas elétricos. Ao investir em treinamento, promover uma cultura de colaboração e garantir que as ferramentas de software sejam compatíveis, as organizações podem se posicionar melhor para aproveitar os recursos transformadores que o BIM oferece no campo da engenharia elétrica (Lamas, 2017).

5 METODOLOGIA

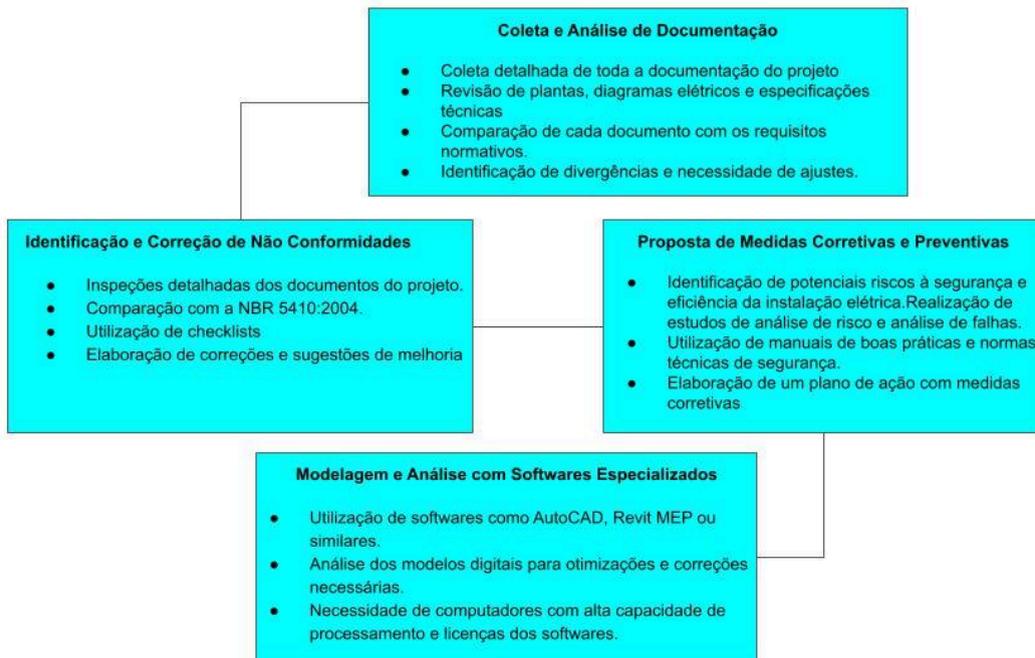
Este trabalho trata-se de um estudo de caso de um projeto elétrico residencial. A pesquisa possui uma abordagem quali-quantitativa, com objetivos tanto exploratórios quanto descritivos. Os procedimentos de pesquisa incluem a revisão da documentação do projeto elétrico para assegurar a conformidade com as normas vigentes, a identificação e correção de possíveis não conformidades documentais, a proposição de medidas corretivas e preventivas para minimizar os riscos identificados, além do uso de softwares especializados para a modelagem e análise dos projetos elétricos, como AutoCAD e Revit MEP.

Para garantir que o projeto elétrico esteja em conformidade com as normas vigentes, será necessária a coleta e análise detalhada de toda a documentação do projeto. Esse processo inclui a revisão de plantas, diagramas elétricos e especificações técnicas. Serão utilizadas normas e regulamentos como a NBR 5410:2004 como referência. O procedimento consistirá em comparar cada documento com os requisitos normativos, identificando pontos de divergência e necessidade de ajustes.

A proposta de medidas corretivas e preventivas requer a identificação de potenciais riscos à segurança e à eficiência da instalação elétrica. Para isso, serão realizados estudos de análise de risco e análise de falhas. Serão necessários materiais como manuais de boas práticas e normas técnicas de segurança.

O uso de softwares especializados como AutoCAD, Revit MEP ou similares será essencial para a modelagem e análise dos projetos elétricos. Esses softwares permitirão a criação de modelos tridimensionais das instalações, facilitando a visualização e identificação de possíveis problemas. O procedimento envolverá a digitalização dos documentos existentes, a criação de modelos digitais e a análise desses modelos em busca de otimizações e correções necessárias. Serão necessários computadores com alta capacidade de processamento e licenças dos softwares mencionados.

Figura 1- Fluxograma de pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão evidenciados elementos como quantidades de cargas, dimensionamentos de circuitos, cabos, etc. Assim como possíveis erros de projeto e soluções adequadas. A edificação para a qual este projeto foi designado trata-se de uma residência térrea que seria construída no Condomínio Residencial Quinta das Marinas, no bairro da Ponta Negra, na cidade de Manaus. O lote no qual a residência seria construída tem uma área de 248,91 m². Os cômodos da casa são melhores detalhados na seção 6.1.1, durante o levantamento de cargas de iluminação. A residência possuiria uma área construída de 124,45m². A planta baixa encontra-se no Anexo A deste trabalho.

6.1 Levantamento de Cargas

A seguir, tem-se o levantamento das cargas de iluminação, de tomadas de uso geral e específico e sua comparação com o que é recomendado pela NBR 5410:2014.

6.1.1 Cargas de Iluminação

De acordo com a NBR-5410:2004, conforme explicitado na seção 3.6.1, foram previstas as cargas de iluminação para cada cômodo expostas na Tabela 1:

Tabela 1 - Cargas de Iluminação

Dependência	Área (m ²)	Recomendado pela NBR:5410 (VA)	Prevista em projeto (VA)
BANHEIRO 01	4,69	100	90
BANHEIRO 02	4,78	100	100
BANHEIRO 03	3,23	100	100
CIRCULAÇÃO 1	4,53	100	100
CLOSET	4,58	100	100
COZINHA	13,58	160	220
GARAGEM	13,82	160	60
GOURMET	8,22	100	100
LAVANDERIA	3,22	100	100
QUARTO 01	14,19	220	220
QUARTO 02	11,22	160	200
SALA DE ESTAR	18,33	280	260
SALA DE JANTAR	13,71	160	220
SUÍTE MASTER	14,29	220	250

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se na Tabela 1 que algumas cargas de iluminação previstas encontram-se menores que as recomendadas por norma, porém projetistas podem optar por utilizar tecnologias de iluminação mais eficientes, como lâmpadas LED, que oferecem uma boa qualidade de iluminação com menor consumo de energia. Nesse caso, a carga prevista pode ser inferior à recomendada pela norma, mas ainda atender às necessidades de iluminação do espaço. Algumas cargas ficaram maiores que as previstas em norma, mas observa-se no projeto que tentou-se padronizar a carga de cada ponto de luz como um número múltiplo de 5 para tornar o projeto mais “agradável”, o que pode ter resultado em um número acumulado acima do recomendado por norma. Também não incluiu-se aqui os pontos de iluminação externa, haja visto que a NBR 5410:2004 não apresenta uma recomendação direta e específica

sobre a carga para luminárias externas, como arandelas, ficando esse detalhe a cargo do cliente.

Vale a pena ressaltar que também não havia um projeto de luminotécnica devidamente executado na época de elaboração deste projeto elétrico. Nota-se que a potência dos pontos de luz estão, na maioria, bem altos, o que não quer dizer necessariamente que cada lâmpada utilizada terá a potência indicada, podendo haver redistribuição posterior dos pontos de iluminação. Os pontos alocados no projeto foram uma estimativa razoável de necessidade de iluminação alinhadas a orientações gerais do cliente: pontos acima de mesas, balcões, criados-mudos, etc.

O projetista deve sempre ter em mente não apenas a conformidade normativa do projeto, mas também o conforto do usuário. Por isso, no projeto, sempre que possível, foram adicionados interruptores paralelos (também conhecidos como *three-way*), para que o mesmo ponto de luz pudesse ser acionado de diferentes interruptores. Nos quartos, por exemplo, foram previstos interruptores próximos à porta, mas também interruptores paralelos a estes em ambos os lados da cama, para que os usuários da instalação pudessem ligar as lâmpadas sem ter que se levantar da cama. Isso é algo que aumenta a complexidade do projeto e também o custo de execução, pois será necessário mais fios condutores, devendo tais detalhes serem discutidos com o cliente sempre que possível.

6.1.2 Cargas de tomadas de uso geral (TUG)

A Tabela 2 aloca a quantidade de Tomadas de Uso Geral, por cômodo, conforme a previsão proposta pela NBR 5410:2004 apresentada na seção 3.6.2:

Tabela 2 - Quantidade de TUG's

Dependência	Perímetro (m)	Área (m ²)	Tomada a cada X m de perímetro	(continua)	
				Quant. prevista em norma	Quant. prevista em projeto
BANHEIRO 01	9,818	4,69	-	1	1
BANHEIRO 02	8,798	4,78	-	1	1
BANHEIRO 03	7,503	3,23	-	1	1
CIRCULAÇÃO	11,053	4,53	-	1	1
CLOSET	8,581	4,58	-	1	1
COZINHA	14,832	13,58	3,5	5	6
GARAGEM	6,7	13,82	-	1	0
GOURMET	8,53	8,22	3,5	3	3

Tabela 2 - Quantidade de TUG's

Dependência	Perímetro (m)	Área (m ²)	Tomada a cada X m de perímetro	(conclusão)	
				Quant. prevista em norma	Quant. prevista em projeto
LAVANDERIA	7,4	3,22	3,5	3	2
QUARTO 01	15,518	14,19	5	4	6
QUARTO 02	13,438	11,22	5	3	5
SALA DE ESTAR	17,73	18,33	5	4	4
SALA DE JANTAR	14,912	13,71	5	3	3
SUÍTE MASTER	15,538	14,29	5	4	5

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se na Tabela 2 que todos os banheiros tiveram uma tomada de uso geral prevista em projeto, o que está de acordo com a parte da NBR 5410:2004 que diz que “em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório” (ABNT, 2004, p. 183). A tomada é localizada estrategicamente perto do lavatório, na previsão de que o uso de aparelhos elétricos como secadores de cabelo e afins serão feitos em frente ao espelho, por questões de comodidade. Além de isso estar em consonância com a norma, a comodidade do usuário das instalações também é levada em conta.

Na Circulação, colocou-se um ponto de tomada de uso geral, o que também está em consonância com a norma quando ela diz que “em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos: um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²” (ABNT, 2004, p. 183). Tentou-se alocar o ponto de tomada em um local central da circulação, no intuito de facilitar equipamentos como aspiradores de pó e afins. O Closet também se encaixou no mesmo caso da Circulação, sendo um cômodo entre 2,25m² e 6m², teve apenas uma tomada prevista em projeto. Isso pode não ter sido uma boa prática, pois teria sido melhor colocar mais uma TUG na parede adjacente à da tomada prevista, o que poderia ter aumentado a flexibilidade e funcionalidade do cômodo, permitindo ao usuário alocar os móveis de maneira diferente da prevista no projeto arquitetônico.

Na Cozinha foram previstas seis TUGs, sendo duas dessas previstas com carga de 600 VA, como preconiza a norma a respeito de banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: “Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes [...]” (ABNT, 2004, p. 184). Das seis TUGs, duas ficaram sobre o balcão, conforme exige a norma: “[...]acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;” (ABNT, 2004, p. 183). Isso

permite ao usuário da instalação utilizar equipamentos elétricos tais como liquidificadores, torradeiras ou até mesmo carregarem seus celulares em um local de fácil acesso e próximo da pia para ter acesso a rápida higienização. Duas das TUGs foram previstas como tomadas de piso, sendo uma destinada a suprir o *cooktop* previsto no projeto arquitetônico e a outra destinada a suprir a torre de tomada acima da bancada, conforme exigência do cliente. Uma das TUGs foi prevista como sendo de teto, destinada a suprir a coifa que ficaria acima do *cooktop*, igualmente exigida pelo cliente.

Na garagem não foi prevista nenhuma TUG no projeto, o que foi um erro tanto do ponto de vista normativo quanto funcional. De acordo com a norma, a garagem deveria seguir o seguinte: “em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos: um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.” (ABNT, 2004, p.183). Não prever ao menos uma TUG na garagem também foi um erro de funcionalidade do projeto, pois a garagem é um lugar onde as pessoas, tipicamente, lavam seus carros, podendo fazer uso de máquinas de jato d’água e aspiradores, que requerem um ponto de tomada próximo.

Na área Gourmet foram previstas três TUGs, duas das quais localizadas acima da bancada da pia, em caso análogo ao da cozinha, seguindo a mesma normativa e justificativa funcional, e uma das TUGs destinada à churrasqueira. Vale a pena ressaltar uma particularidade da área Gourmet: durante a criação de ambientes no Revit, delimita-se o ambiente por um polígono (geralmente retangular) e quando se gera um quadro de áreas através do Revit, os perímetros levam em conta a soma dos lados do polígono, sem levar em conta as particularidades arquitetônicas da construção em si. Pode-se ver que um dos lados da área Gourmet é aberto (não possui parede), logo durante o cálculo de tomadas necessárias leva-se em conta apenas os lados do cômodo que realmente terão alvenaria. Se fosse considerado o perímetro apresentado no projeto arquitetônico da obra, deveria ser previsto um ponto de tomada a mais, o que não seria necessariamente errado, mas em ambientes com mais lados abertos, isso poderia levar a uma quantidade exagerada de tomadas.

Na Lavanderia foi prevista apenas uma TUG com carga de 600 VA, o que foi um erro de projeto que vai de contra à norma: “em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro [...]” (ABNT, 2004, p. 183). Como a Lavanderia tem um perímetro de 7,4m o número de TUGs deveria ter sido no mínimo 3, sendo todos de 600 VA. Tentou-se alocar a tomada num ponto estratégico para que fosse

ligado um ferro de passar, onde a porta não atrapalhasse quem fosse passar as roupas. Esse problema poderia ter sido facilmente resolvido prevendo uma tomada tripla.

No Quarto 1 foram previstas 6 TUGs e no Quarto 2 e Suíte Master foram previstas 5. Todos os casos estão em acordo com a NBR 5410:2004. A lógica em todos foi a mesma: uma tomada em ambos os lados da cama, para que os usuários pudessem carregar os celulares ou utilizarem abajures ou aparelhos semelhantes e próximo de cada TV foram previstas 3 tomadas para que se pudesse ligar a TV, *modem*, aparelho de som, etc.

Nas Salas de Jantar e Estar tentou-se distribuir as TUGs para atender a qualquer eventual demanda, sendo que na sala de Estar alocou-se 3 TUGs próximas à TV, de maneira análoga aos quartos.

6.1.3 Cargas de tomadas de uso específico (TUE)

De acordo com o exposto na Seção 3.6.2 e com o projeto arquitetônico, bem como as exigências do cliente, elaborou-se a Tabela 3, que dispõe a respeito das TUEs previstas no projeto:

Tabela 3 - Tomadas de Uso Específico

Dependência	TUE	Carga (VA)
BANHEIRO 01	Ar condicionado 3	1650
BANHEIRO 02	Chuveiro 1	5200
	Chuveiro 2	5200
BANHEIRO 03	Chuveiro 3	5200
COZINHA	Forno elétrico	2500
	Microondas	1400
	Extra	2500
LAVANDERIA	Máquina de Lavar	1500
QUARTO 01	Ar-Condicionado 3	1650
QUARTO 02	Ar-Condicionado 2	1650
SALA DE ESTAR	Ar-Condicionado 5	1900
SALA DE JANTAR	Ar-Condicionado 4	1650
SUÍTE MASTER	Ar-Condicionado 1	1650
Fundos da casa	Bomba Hidráulica	1500

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 3, em todos os banheiros foi previsto no mínimo um Chuveiro elétrico com potência de 5200W, sendo o Banheiro 3 o único com dois chuveiros. Chuveiros elétricos são equipamentos que demandam bastante energia, sendo crucial que a instalação

elétrica esteja de acordo com as normas técnicas para evitar possíveis acidentes. A potência de 5200W, mesmo sendo relativamente alta em comparação com outros equipamentos elétricos, configura um chuveiro de potência mediana, existindo chuveiros que alcançam até 7800W (Lorenzetti, 2024).

Na Cozinha foram previstas 3 TUEs. Duas delas atenderiam a demanda de uma torre de forno contendo um microondas e um forno elétrico. Para o microondas foi previsto uma potência de 1400W e para o forno elétrico, 2500W. Também foi previsto uma TUE “Extra”, de acordo com as exigências do cliente, que poderia servir a algum outro equipamento de alta potência adicionado à cozinha. Na Lavanderia foi prevista uma única TUE para atender a demanda de uma máquina de lavar roupas estipulada em 1500W e nos fundos da casa há previsão para uma TUE atendendo a demanda de uma bomba hidráulica estimada em 1500W, equivalente a uma bomba de 2 CV de potência, medida mais usual no mercado de bombas hidráulicas.

Quanto aos ares-condicionados, pode-se seguir a recomendação da Figura 2:

Figura 2 - BTUs por metro quadrado

Área (m ²)	Ambiente Residencial	Ambiente Comercial
9 m ²	7.000 BTUs	7.000 BTUs
12 m ²	7.000 BTUs	9.000 BTUs
15 m ²	9.000 BTUs	12.000 BTUs
20 m ²	12.000 BTUs	16.000 BTUs
25 m ²	15.000 BTUs	20.000 BTUs
30 m ²	18.000 BTUs	24.000 BTUs
35 m ²	21.000 BTUs	28.000 BTUs
40 m ²	24.000 BTUs	32.000 BTUs
45 m ²	27.000 BTUs	36.000 BTUs
50 m ²	30.000 BTUs	40.000 BTUs
60 m ²	36.000 BTUs	48.000 BTUs
70 m ²	42.000 BTUs	56.000 BTUs

Fonte: Equipe Leroy Merlin, 2024.

A avaliação adequada da escolha do ar condicionado afeta diretamente o projeto elétrico, pois a partir daí determina-se a carga de cada TUE que suprirá o aparelho. Analisando a área de cada ambiente e tendo como base a Figura 2, tem-se a escolha dos ares-condicionados exposta na Tabela 4:

Tabela 4 - Escolha de ar-condicionado

Dependência	Área	BTUs necessários	Potência em Watts
COZINHA	13,58	9000	1280
QUARTO 01	14,19	9000	1280
QUARTO 02	11,22	7000	975
SALA DE ESTAR	18,33	9000	1280
SALA DE JANTAR	13,71	9000	1280
SUÍTE MASTER	14,29	9000	1280

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 4, a potência em Watts foi deduzida por interpolação linear, visto que um condicionador de ar de 7500 BTU tem 1050W de potência e um condicionador de ar de 12000 BTU tem 1740 W (Amazonas Energia, 2022). Nota-se que no projeto elétrico, todas as TUEs que suprem os ares-condicionados têm potência suficiente, tendo as TUEs do Quarto 2 e da Sala de Estar ficado bem super dimensionadas, no caso de o usuário optar por usar ares-condicionados mais potentes que os previstos em projeto.

6.1.4 Potência total instalada e potência demandada

O Revit gera automaticamente os valores de potência instalada e potência demandada. A seguir, serão calculadas as mesmas manualmente e em seguida serão comparadas com os valores gerados pelo Revit. Sabendo que a potência instalada obtém-se multiplicando a potência total de cada circuito pelo seu respectivo Fator de Potência e somando-se todos os resultados obtidos, tem-se o resultado explicitado na Tabela 5:

Tabela 5 - Cálculo de Potência Instalada

(continua)

Circ.	Descrição	Potência (VA)	Fator de Potência	Potência Instalada (VA)
1	Iluminação Interna A	650	1	650
2	Iluminação Interna B	635	1	635
3	Iluminação Interna C	800	1	800
4	Iluminação Externa	860	1	860
5	TUGs Serviço e Banheiro 03	1200	0,8	960
6	TUGs Suíte Master, Closet e Banheiro 02	1200	0,8	960
7	TUGs Quarto 02 e Circulação	600	0,8	480
8	TUGs Quarto 01 e Banheiro 01	1200	0,8	960
9	TUGs Gourmet	1300	0,8	1040

Tabela 5 - Cálculo de Potência Instalada

				(conclusão)
Circ.	Descrição	Potência (VA)	Fator de Potência	Potência Instalada (VA)
10	TUGs Cozinha	1600	0,8	1280
11	TUGs Salas de Estar e Jantar	700	0,8	560
12,13	TUE Ar-condicionado 01	1650	1	1650
14,15	TUE Ar-condicionado 02	1650	1	1650
16,17	TUE Ar-condicionado 03	1650	1	1650
18,19	TUE Ar-condicionado 04	1650	1	1650
20,21	TUE Ar-condicionado 05	1900	1	1900
22,23	TUE Chuveiro 01	5200	1	5200
24,25	TUE Chuveiro 02	5200	1	5200
26,27	TUE Chuveiro 03	5200	1	5200
28,29	TUE Chuveiro 04	5200	1	5200
30,31	TUE Máquina de Lavar	1500	1	1500
32,33	TUE Bomba Hidráulica	1500	1	1500
34,35	TUE Forno Elétrico	2500	1	2500
36,37	TUE Microondas	1400	1	1400
38,39	TUE Extra Cozinha	2500	1	2500
			Potência Instalada:	48113

Fonte: elaborado pelo autor.

O cálculo da potência demandada pode ser feito utilizando-se o respectivo fator de demanda encontrado no manual da Amazonas Energia, de acordo com a Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Fator de Demanda

Carga Instalada CI (kW)	Fator de Demanda
CI < 1	0,86
1 < CI ≤ 2	0,81
2 < CI ≤ 3	0,76
3 < CI ≤ 4	0,72
4 < CI ≤ 5	0,68
5 < CI ≤ 6	0,64
6 < CI ≤ 7	0,60
7 < CI ≤ 8	0,57
8 < CI ≤ 9	0,54
9 < CI ≤ 10	0,52
CI > 10	0,45

Fonte: adaptado de Amazonas Energia, 2022.

Tendo em vista que a carga instalada supera 10kW, adotar-se-á então um fator de 0,45:

$$Potência\ demandada = Potência\ instalada \times 0,45$$

$$Potência\ demandada = 48113 \times 0,45$$

$$Potência\ demandada = 21650,85\ VA$$

A potência instalada está igual a que o Revit calculou, conforme a Figura 3, porém a demandada teve uma leve variação, insignificante demais para afetar outros aspectos do projeto.

Figura 3 - Potência Instalada calculada pelo Revit

Totais do Painel	
Potência Instalada:	48113 VA
Potência Demandada:	21383 VA
Corrente Total:	126,26 A
Corrente Total Demandada:	56,12 A

Fonte: Revit, 2024.

6.2 Dimensionamento

A seguir, serão explicitados os modos como os circuitos foram divididos, o quadro de cargas, a escolha de bitolas apropriadas por circuito, bem como a quantidade de cada bitola calculada pelo Revit e a escolha de disjuntores.

6.2.1 Quantificação dos circuitos

Os circuitos foram divididos entre circuitos de iluminação, TUGs e TUEs, não se misturando no mesmo circuito pontos de iluminação e tomadas, conforme preconiza a norma quando diz que “Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para pontos de tomada.” (ABNT, 2004, p.18).

Os circuitos de iluminação foram divididos em Iluminação Interna A (que atende a Suíte Master, o Banheiro 2, o Closet, a Lavanderia e o Banheiro 3), Iluminação Interna B (que atende os Quartos 1 e 2, o Banheiro 1 e a Circulação), Iluminação Interna C (que atende Gourmet, Cozinha, Salas de Estar e Jantar) e Iluminação Externa, que atende todas as luminárias externas. As TUGs foram divididas para atender os ambientes conforme exigido pela NBR 5410:2004 e as TUEs suprem os aparelhos elétricos previstos no projeto arquitetônico. Na Tabela 7 a seguir estão detalhados todos os circuitos:

Tabela 7 - Divisão de Circuitos

Circuito	Descrição	Potência (VA)
1	Iluminação Interna A	650
2	Iluminação Interna B	635
3	Iluminação Interna C	800
4	Iluminação Externa	860
5	TUGs Lavanderia e Banheiro 03	1200
6	TUGs Suíte Master, Closet e Banheiro 02	1200
7	TUGs Quarto 02 e Circulação	600
8	TUGs Quarto 01 e Banheiro 01	1200
9	TUGs Gourmet	1300
10	TUGs Cozinha	1600
11	TUGs Salas de Estar e Jantar	700
12,13	TUE Ar-condicionado 01	1650
14,15	TUE Ar-condicionado 02	1650
16,17	TUE Ar-condicionado 03	1650
18,19	TUE Ar-condicionado 04	1650
20,21	TUE Ar-condicionado 05	1900
22,23	TUE Chuveiro 01	5200
24,25	TUE Chuveiro 02	5200
26,27	TUE Chuveiro 03	5200
28,29	TUE Chuveiro 04	5200
30,31	TUE Máquina de Lavar	1500
32,33	TUE Bomba Hidráulica	1500
34,35	TUE Forno Elétrico	2500
36,37	TUE Microondas	1400
38,39	TUE Extra Cozinha	2500

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da Tabela 7, é possível inferir que dois circuitos de tomadas de uso geral estão indo de encontro à norma. O circuito 6 e 8 estão suprindo ambientes que, pela norma, não

deveriam estar juntos no mesmo circuito: “Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.” (ABNT, 2004, p.184).

6.2.2 Determinação do Tipo de Fornecimento

Para a determinação do tipo de fornecimento, primeiramente precisa-se ter em mãos a potência instalada da residência.

Para definição do tipo de fornecimento, o consumidor deve determinar a carga instalada, somando a potência em kW, dos aparelhos de iluminação, aquecimento, eletrodomésticos, refrigeração, motores, máquina de solda e outros que possam ser ligados em sua unidade consumidora (Amazonas Energia, 2022, p.39).

O cálculo da potência instalada foi feito automaticamente pelo Revit, levando-se em conta os fatores de potência de 0,8 para circuitos de iluminação e TUGs e 1,0 para TUEs. A potência instalada do projeto em questão foi de 48113 VA. Esta potência instalada configura uma instalação de baixa tensão, com tipo de fornecimento trifásico, de acordo com a Tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Tipo de Fornecimento

Tensão do sistema	Tipo de Fornecimento	Potência Instalada
220V / 123V	Monofásico	$\leq 7,5$ kW
	Bifásico	$> 7,5$ kW a 15 kW
	Trifásico	≥ 15 a 75 kW
240V / 120V a 2 e 3 fios	Monofásico	$\leq 7,5$ kW
	Bifásico	≥ 7 a 37,5 kW

Fonte: adaptado de Amazonas Energia, 2022.

6.2.3 Balanceamento de Cargas

O balanceamento de cargas é a distribuição equitativa da demanda de energia elétrica entre as fases de um sistema trifásico ou bifásico, sendo fundamental para a redução de sobrecargas, o que evita aquecimentos excessivos e riscos de incêndio. Essa prática maximiza a eficiência do uso da energia, reduzindo perdas no sistema e otimizando o desempenho dos equipamentos, além de minimizar o desgaste dos componentes elétricos e prolongar a vida útil tanto dos equipamentos quanto da infraestrutura elétrica. Adicionalmente, o

balanceamento de cargas mantém a estabilidade do sistema elétrico, evitando variações de tensão que podem comprometer o funcionamento de aparelhos eletrônicos sensíveis. Dada a complexidade e a elevada demanda de energia em instalações comerciais e industriais, o balanceamento de cargas assegura que o sistema elétrico opere de forma segura, eficiente e confiável, sendo essencial para a sustentabilidade das operações.

O Revit encarrega-se de fazer o balanceamento das fases automaticamente, evitando o trabalho braçal que poderia ser exigido utilizando-se outros softwares menos sofisticados. O balanceamento pode ser visto na Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Balanceamento de Cargas

(continua)

Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fases		
			A	B	C
1	Iluminação Interna A	650	650		
2	Iluminação Interna B	635		635	
3	Iluminação Interna C	800			800
4	Iluminação Externa	860	860		
5	TUGs Serviço e Banheiro 03	1200		1200	
6	TUGs Suíte Master, Closet e Banheiro 02	1200			1200
7	TUGs Quarto 02 e Circulação	600	600		
9	TUGs Gourmet	1300			1300
10	TUGs Cozinha	1600	1600		
11	TUGs Salas de Estar e Jantar	700		700	
12,13	TUE Ar-condicionado 01	1650	825		825
14,15	TUE Ar-condicionado 02	1650		825	825
16,17	TUE Ar-condicionado 03	1650	825	825	
18,19	TUE Ar-condicionado 04	1650	825		825
20,21	TUE Ar-condicionado 05	1900		950	950
22,23	TUE Chuveiro 01	5200	2600	2600	
24,25	TUE Chuveiro 02	5200	2600		2600
26,27	TUE Chuveiro 03	5200		2600	2600
28,29	TUE Chuveiro 04	5200	2600	2600	
30,31	TUE Máquina de Lavar	1500	750		750
32,33	TUE Bomba Hidráulica	1500		750	750
34,35	TUE Forno Elétrico	2500	1250	1250	
36,37	TUE Microondas	1400	700		700

Tabela 9 - Balanceamento de Cargas

(conclusão)

Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fases		
			A	B	C
38,39	TUE Extra Cozinha	2500		1250	1250
Totais (V.A):			16685	17385	15375

Fonte: elaborado pelo autor.

6.2.4 Escolha de bitolas

A escolha das bitolas é parte fundamental no projeto elétrico para garantir a segurança dos usuários. A Tabela 10 a seguir trata da capacidade de condução de corrente por bitola para o método B1, para 2 condutores carregados e 3 condutores carregados:

Tabela 10 - Capacidades de condução de corrente

(continua)

Seções nominais (mm ²)	B1 (2)	B1 (3)
0,5	9	9
0,75	11,5	11,5
1	14,5	14,5
1,5	17,5	17,5
2,5	24	24
4	32	32
6	42	42
10	58	58
16	77	77
25	101	101
35	125	125
50	151	151
70	191	191
95	230	230
120	266	266
150	307	307
185	354	354
240	420	420
300	500	500
400	589	589
500	687	687
630	802	802

Tabela 10 - Capacidades de condução de corrente
(coclusão)

Seções nominais (mm ²)	B1 (2)	B1 (3)
800	818	827
1000	918	926

Fonte: adaptado de ABNT (2014).

Sabendo-se que o método de referência é o B1, que é um método que envolve a utilização de condutores isolados ou cabos unipolares instalados dentro de eletrodutos de seção circular embutidos em paredes ou lajes de alvenaria, pode-se determinar a corrente limite para cada bitola, não devendo ser atribuída potência a um circuito que lhe cause corrente maior que a suportada pelo fio. As bitolas utilizadas no projeto foram: 1,5mm² para Iluminação, 2,5mm² para TUGs, 4,0mm² para todas as TUEs e 35mm² para o cabo de ligação entre quadros (medidor e quadro de distribuição). Uma funcionalidade interessante do Revit é que o software nos avisa quando a corrente de um determinado circuito excede a prevista em norma. O Revit também calcula a corrente de projeto, que leva em conta o fator de temperatura e o fator de agrupamento. A corrente de projeto é a corrente utilizada na hora de decidir a bitola e os disjuntores de um circuito. Os fatores de temperatura e de agrupamento podem ser encontrados na NBR 5410:2004, expostos a seguir na Tabela 11:

Tabela 11 - Fatores de correção por agrupamento para o método B1

Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	>=20
Em feixe: ao ar livre ou sobre superfícies; embutidos; em conduto fechado	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38

Fonte: adaptado de ABNT, 2004.

De acordo com a Tabela 11, o fator de correção de temperatura (FCT) adotado foi 1,00 (referente a uma temperatura de 30°) e o de agrupamento (FCA) foi de 0,7 para TUGs (um valor conservador, adotado para efeitos de simplificação de cálculo e segurança, que leva em conta 3 circuitos agrupados dentro de um conduíte) e 1,0 para TUEs, já que todos os circuitos de TUE tem seu próprio conduíte no projeto.

Sabendo-se que:

Tabela 12 - Comparação entre corrente de projeto (Ib) e corrente limite dos condutores

								(conclusão)
Circuito	Descrição	Tensão (V)	Potência Total	Corrente Nominal (A)	FCA	FCT	Ib:	Capacidade de condução de Corrente em Ampères
28	TUE Chuveiro 04	220	5200 VA	23,64 A	1	1	23,64 A	32
29								
30	TUE Máquina de Lavar	220	1500 VA	6,82 A	1	1	6,82 A	32
31								
32	TUE Bomba Hidráulica	220	1500 VA	6,82 A	1	1	6,82 A	32
33								
34	TUE Forno Elétrico	220	2500 VA	11,36 A	1	1	11,36 A	32
35								
36	TUE Microondas	220	1400 VA	6,36 A	1	1	6,36 A	32
37								
38	TUE Extra Cozinha	220	2500 VA	11,36 A	1	1	11,36 A	32
39								

Fonte: elaborado pelo autor.

Através da Tabela 12, é possível notar que nenhuma corrente de projeto ultrapassa a corrente limite dos condutores escolhidos, ou seja, o projeto está de acordo com as normas de segurança.

Uma funcionalidade muito útil no template utilizado para a elaboração do projeto no Revit, é a capacidade de estimar a quantidade necessária de fios. No projeto em questão, foram previstos 791,3m de fio de 1,5mm²; 543,5m de fio de 2,5mm²; 384m de fio de 4mm² e 14,4m de fio de 35mm². O quantitativo feito pelo Revit encontra-se na Figura 4:

Figura 4 - Quantitativo de cabos

<u>Quantitativo de Cabos em Metros (Cobre/Un/Isol. PVC/750V/70°C)</u>																
<small>(FA- Condutor Fase A), (FB- Condutor Fase B), (FC- Condutor Fase C), (N - Condutor Neutro), (PE - Condutor...</small>																
<small>Sugestão de Cores para os condutores- FA: Vermelho, FB: Preto, FC: Amarelo, N: Azul Claro, PE: Verde</small>																
FA-2,5mm ²	FA-4,0mm ²	FA-35,0mm ²	FB-1,5mm ²	FB-2,5mm ²	FB-4,0mm ²	FB-35,0mm ²	FC-1,5mm ²	FC-2,5mm ²	FC-4,0mm ²	FC-35,0mm ²	N-1,5mm ²	N-2,5mm ²	PE-2,5mm ²	PE-4,0mm ²	Re-1,5mm ²	Tipo de Condutor
115,9	82,1	14,8	90,2	16,5	79,6	14,8	98,1	49,1	94,3	14,8	210,0	181,6	180,4	128,0	393,0	CABO PVC FLEXIVEL 70º

Fonte: Revit, 2024.

6.2.5 Dispositivos de Proteção

Tendo em mãos as correntes de projeto apresentadas na Tabela 12 e as capacidades de condução de corrente dos condutores, que podem ser encontradas na Tabela 10, é possível determinar a corrente nominal do disjuntor a ser aplicado a cada circuito levando-se em conta as exigências normativas expostas na seção 3.7.1. Na Tabela 13 abaixo, tem-se a escolha dos disjuntores para cada circuito.

Tabela 13 - Escolha dos disjuntores

(continua)

Circuito	Ib: Corrente de Projeto Corrigida (A)	Iz: Capacidade de condução dos Condutores (A)	In: Disjuntor (A)
1	7,31 A	17,5	10,00 A
2	7,14 A	17,5	10,00 A
3	9,00 A	17,5	10,00 A
4	9,67 A	17,5	10,00 A
5	13,50 A	24	16,00 A
6	13,50 A	24	16,00 A
7	6,75 A	24	10,00 A
8	13,50 A	24	16,00 A
9	14,62 A	24	16,00 A
10	18,00 A	24	20,00 A
11	7,87 A	24	10,00 A
12	7,50 A	32	10,00 A
13			
14	7,50 A	32	10,00 A
15			
16	7,50 A	32	10,00 A
17			
18	7,50 A	32	10,00 A
19			
20	8,64 A	32	10,00 A
21			
22	23,64 A	32	25,00 A
23			
24	23,64 A	32	25,00 A
25			
26	23,64 A	32	25,00 A
27			

Tabela 13 - Escolha dos disjuntores

(conclusão)

Circuito	Ib: Corrente de Projeto Corrigida (A)	Iz: Capacidade de condução dos Condutores (A)	In: Disjuntor (A)
28	23,64 A	32	25,00 A
29			
30	6,82 A	32	10,00 A
31			
32	6,82 A	32	10,00 A
33			
34	11,36 A	32	16,00 A
35			
36	6,36 A	32	10,00 A
37			
38	11,36 A	32	16,00 A
39			

Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 13 deixa claro que todos os disjuntores escolhidos para os circuitos seguem a exigência da norma, estando a corrente nominal do disjuntor escolhido entre a corrente de projeto e a corrente limite do fio. Isso ocorre para que o disjuntor não “dispare” quando submetido a uma corrente menor que a corrente necessária para o funcionamento do circuito, inviabilizando o aproveitamento máximo da instalação e também para que não se permita que passe mais corrente pelos fios do que eles conseguem suportar de maneira segura, evitando assim aquecimentos, desgaste dos fios, curtos-circuitos e até incêndios.

Para os quadros de ligação e de medição foram adotados disjuntores de corrente nominal no valor de 100A, haja visto que a corrente total demandada foi de 56,12A. A escolha do disjuntor, assim como a bitola do fio de ligação entre quadros, levou em conta a corrente demandada e não a total, de forma a não encarecer desnecessariamente a instalação elétrica, partindo do pressuposto que seria desrazoável considerar que todos os pontos de luz de tomadas fossem utilizados simultaneamente na instalação.

Já para o Interruptor Diferencial Residual, escolheu-se utilizar um dispositivo para proteger todos os circuitos e não utilizar IDRs para circuitos específicos. O dispositivo adotado foi um IDR tetrapolar, com corrente de detecção de fuga de 30 mA e com corrente nominal de 100A, pois quando o IDR é instalado para proteger todos os circuitos de uma instalação, ele deve ter uma corrente nominal igual ou superior à corrente nominal do

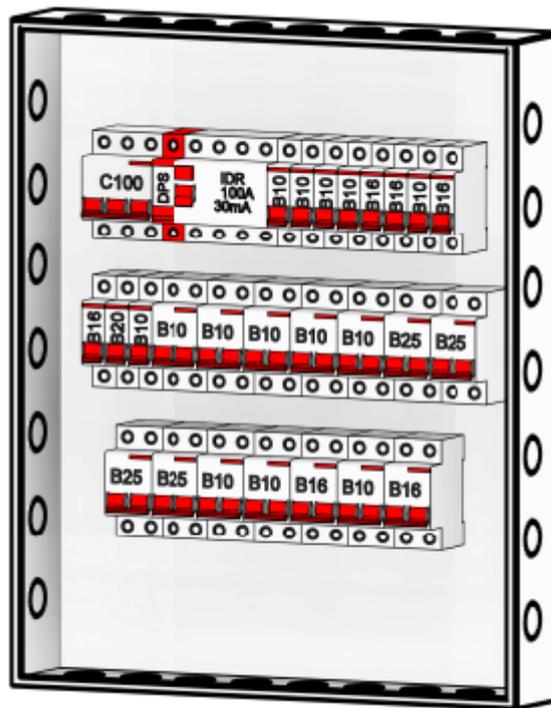
disjuntor geral do quadro de distribuição. A corrente nominal do IDR deve ser capaz de suportar a carga total prevista da instalação elétrica sem disparar indevidamente.

Já para o Dispositivo de Proteção contra Surtos, foi escolhido um com máxima tensão de operação contínua (UC) de 275 V e corrente de descarga máxima de 40kA.

6.2.6 Quadro de distribuição

A localização e o tipo de quadro de distribuição devem ser um dos interesses iniciais do projetista. No caso de mudança do local do quadro, grande parte do projeto deverá ser refeito. Em alguns casos, dependendo do tamanho da casa e da complexidade da instalação, se torna necessário utilizar mais de um quadro. No projeto em questão, optou-se por usar apenas um quadro bem centralizado. O quadro previsto é um de capacidade para 48 disjuntores. Na Figura 5, é possível ver uma representação gráfica do quadro de distribuição, já com os disjuntores instalados.

Figura 5- Representação do quadro de distribuição de cargas



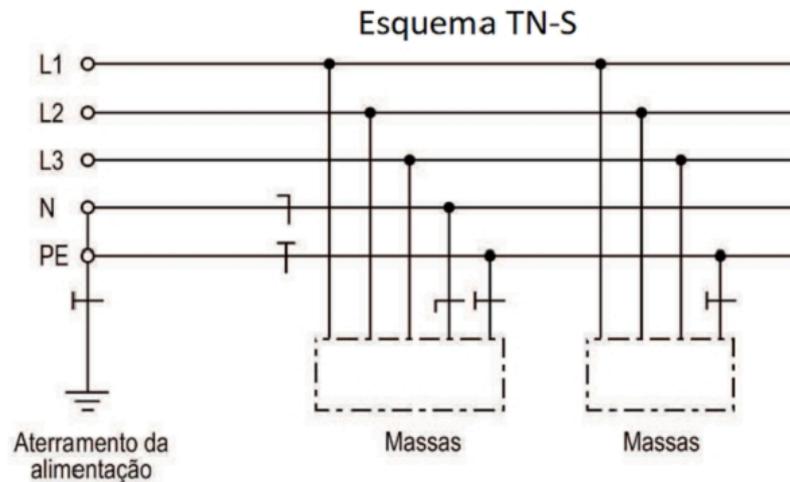
QDC-01

Fonte: Revit, 2024.

6.3 Aterramento

Constatou-se que houve o equívoco no projeto de não ter sido previsto um sistema de aterramento, parte importante para o bom funcionamento da instalação elétrica. Para o estudo em questão, decidiu-se adotar o esquema de aterramento TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos, como mostra a Figura 6:

Figura 6 - Esquema TN-S



Fonte: ABNT, 2004.

As recomendações normativas a respeito do aterramento são as seguintes:

- 7.12.1.1 O neutro do ramal de entrada deve ser sempre aterrado junto ao padrão de entrada;
- 7.12.1.2 Os eletrodos devem ser espaçados um do outro por uma distância mínima correspondente ao seu comprimento;
- [...]
- 7.12.2.1 O condutor de aterramento, que interliga o neutro ao eletrodo de aterramento (ou haste de aterramento), através do conector de aterramento da caixa de medição, deve ser isento de emendas e de qualquer dispositivo que possa causar seu seccionamento;
- 7.12.2.2 O condutor de aterramento deve ser de cobre nu ou isolado e protegido por eletroduto conforme Tabelas 1, 2 e 3 desta norma. Esse condutor deve ser contínuo (sem emendas) desde a conexão na caixa de medição até o último eletrodo de aterramento, com a conexão do aterramento efetuada no interior da caixa.
- [...]
- 7.12.4.1 Exige-se que a malha de terra contenha no mínimo 1 haste de aterramento do tipo copperweld com diâmetro e comprimento mínimo de 5/8" e 2,40m;
- [...]
- 7.12.4.4 O primeiro eletrodo de aterramento deve ser cravado, no máximo, a 40 centímetros do padrão de entrada. (Amazonas Energia, 2022).

De acordo com a NBR 5410:2004, o condutor de cobre nu deve ter no mínimo uma seção de 50mm² e também deve ser isento de emendas ou qualquer tipo de seccionamento, sendo necessário usar conectores para ligar o condutor às hastes de aterramento. As hastes de aterramento e conectores comumente utilizados estão representados na Figura 7 a seguir:

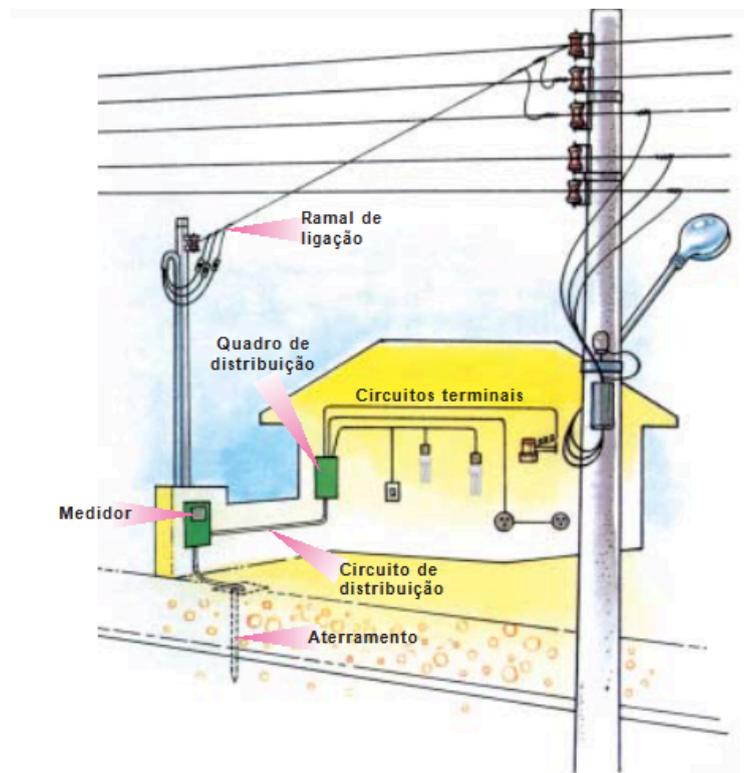
Figura 7 - Hastes de aterramento e conectores



Fonte: Mercado Livre, 2024.

Apesar de não haver previsão normativa a respeito do número mínimo de hastes de aterramento, é prática comum adotar-se no mínimo 3 hastes. A Figura 8 a seguir ilustra o esquema de aterramento que poderia ter sido adotado para o projeto:

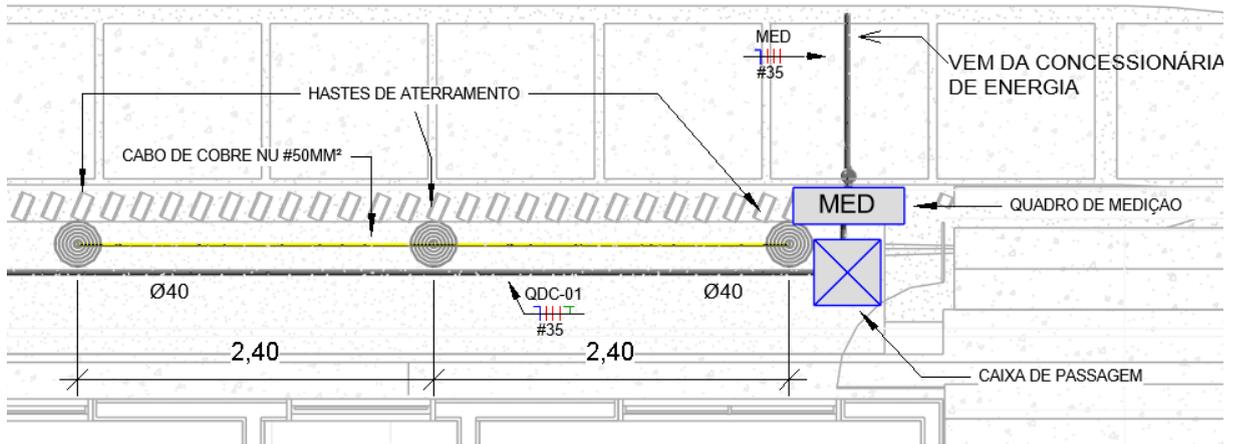
Figura 8 - Modelo de aterramento



Fonte: Elektro, 2003.

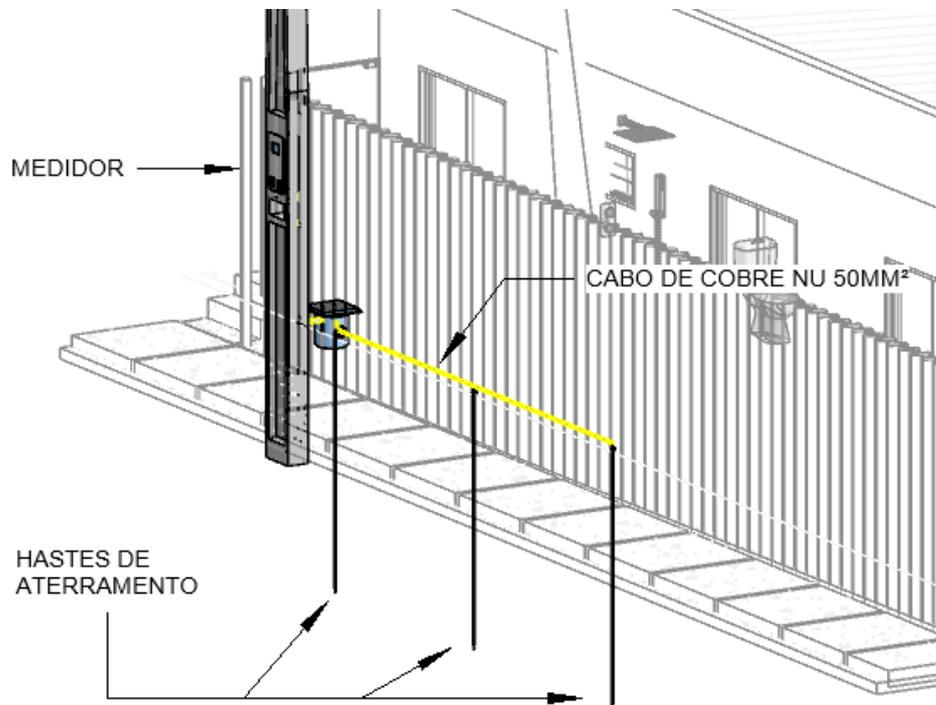
Fazendo-se as alterações necessárias no projeto utilizando o Revit, criou-se a seguinte representação gráfica do aterramento do projeto, representadas em planta e em 3D pelas Figuras 9 e 10, respectivamente:

Figura 9 - Aterramento em planta



Fonte: Revit, 2024.

Figura 10 - Aterramento em 3D



Fonte: Revit, 2024.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste trabalho, pode-se concluir que o projeto, em sua grande maioria, estava em alinhamento com as normas e que o Revit foi de grande valia nos cálculos e dimensionamentos do projeto elétrico, constituindo uma ferramenta extremamente valiosa que acelera o processo de criação, adaptação e correção.

Este estudo visou analisar um projeto elétrico, desde a etapa de levantamento de cargas até a seleção de materiais a serem utilizados na obra, sempre se pautando pelas normas e levando também em conta o conforto do usuário e o custo-benefício da obra.

A etapa do projeto arquitetônico é de suma importância para o projeto elétrico, pois é baseado nele que serão levantadas as cargas de projeto e de onde se identificarão as principais demandas. No projeto em questão, não houve um projeto arquitetônico detalhado, o qual se obteria realizando uma entrevista com os usuários finais da residência. O cliente do projeto em questão era uma pessoa que iria construir para vender e ainda não tinha compradores definidos para a residência.

A realização deste estudo se mostrou uma fonte de pesquisa interessante para estudantes que queiram embarcar na árdua, porém recompensadora ciência (e, por que não, arte?) de fazer projetos elétricos.

REFERÊNCIAS

AL-RAWI, Osama Yaseen M. et al. Project-based online learning of practical engineering course throughout COVID-19 pandemic: a case study analysis of MEP electrical systems design using Revit. **Applied Mathematics and Information Sciences**, v. 15, n. 4, p. 479-486, 2021.

AMAZONAS ENERGIA. **NORMA TÉCNICA DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM BAIXA TENSÃO (EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS) DA AMAZONAS ENERGIA S.A.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://website.amazonasenergia.com/wp-content/uploads/2023/05/Norma-de-Fornecimento-de-Energia-El%C3%A9trica-em-BT-Edifica%C3%A7%C3%B5es-Individuais-NDEE-02.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2024.

ANNES, B. P.; CUPERSCHMID, A. R. M.; GUIMARÃES FILHO, A. B. BIM para Projeto de Sistemas Elétricos Prediais de Baixa Tensão. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1- 13.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BORRMANN, A. et al. Building Information Modeling: Why? What? How? **Building Information Modeling**, p. 1–24, 2018.

Cotrim, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

DA SILVA, Remerson Gabriel Ferreira. **RETROFIT DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL COM APLICAÇÃO DOMÓTICA**. Divinópolis: Faculdade Pitágoras, 2022.

DIETRICH, Mateus Zimmer. **Sala de aula invertida: proposta de intervenção aplicada ao conteúdo" montagem de uma instalação elétrica residencial em escala reduzida"**. Nova Venécia: Instituto Federal do Espírito Santo, 2021.

DUCHAS, CHUVEIROS, TORNEIRAS E AQUECEDORES ELÉTRICOS DE ÁGUA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.lorenzetti.com.br/docs/default-source/cat%C3%A1logos/ad.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2024.

Elektro. **Instalações Elétricas Residenciais**. São Paulo: Victory Propaganda e Marketing S/C Ltda., 2003.

GOMES, Rafael Dantas. **Avaliação crítica da NBR 5410: 2004: identificação de aspectos obsoletos em confronto com a realidade atual**. Natal: Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, 2023.

KADE, A.; SUPRIYATMAN; PASARIBU, M.; UNTARA, K. A. A.; SUPRIYADI. Improving Mental Models and Mental Modelling Ability in Electrical Circuit Context: A Problem-Solving Approach with House Installation Model. **Jurnal Penelitian Pendidikan**

IPA, Palu, v. 9, n. 12, p. 11422–11428, dez. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5225>. Acesso em: 14 dez. 2024.

Kit 3 Hastes Terra Aterramento Cobreada C/ Conector 1 Metro. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-757593544-kit-3-hastes-terra-aterramento-cobreada-c-conector-1-metro-_JM. Acesso em: 20 dez. 2024.

Kustija, Jaja et al. Skill Training Models to Install and Maintain for House Electrical Installation. *In: 2015 International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education*. Atlantis Press, 2015. p. 253-256.

LAMAS, Matheus Marsico *et al.* APLICAÇÃO DE BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, v. 9, n. 17, p. 19, 2017.

LEFORT, Antoine *et al.* Hierarchical control method applied to energy management of a residential house. *Energy and Buildings*, v. 64, p. 53-61, 2013.

LIMA, Gabriela Casimiro. **NBR 5410/2004: verificação da aplicação da norma em instalações elétricas de baixa tensão em uma vila de Fortaleza-CE.** Fortaleza: Universidade Federal Do Ceará, 2022.

LIMA, Welch Maria Martiniano de. **Sugestões para atualização da Norma ABNT NBR 5410.** Campina Grande: Universidade Federal De Campina Grande, 2017.

MERLIN, E. L. **Veja como calcular os BTUs do ar-condicionado.** Disponível em: <https://blog.leroymerlin.com.br/aprenda-a-calculer-os-btus-do-ar-condicionado>. Acesso em: 14 dez. 2024.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação Residencial conceitos e aplicações.** 2.ed. Belo Horizonte: Edurece, 2014.

SANTOS, I. P.; URBANETZ, J.; RÜTHER, R. Energia Solar Fotovoltaica Como Fonte Complementar de Energia Elétrica para Residências na Busca da Sustentabilidade. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 12., 2008.

SILVA, Thiago Linguanoto. **Um estudo de novos paradigmas na realização de projetos de instalação elétrica residencial (automação).** Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2011.

SONEGO, Leandro Gomes Almeida. **Estudo de um sistema de energia solar fotovoltaica on grid em uma instalação elétrica residencial com um inversor de onda senoidal pura.** Jataí: Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Goiás, 2021.

SOUZA, Bruno Amaral. **Estudo de caso sobre instalação elétrica residencial em Teófilo Otoni-MG.** Teófilo Otoni: Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, 2017.

SOUZA, Samuel Fernando Machado Alves. **Proposta de intervenção aplicada ao conteúdo “instalação elétrica residencial/predial em edificações”.** Salvador: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2024.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. **Automation in construction**, v. 38, p. 109-127, 2014.

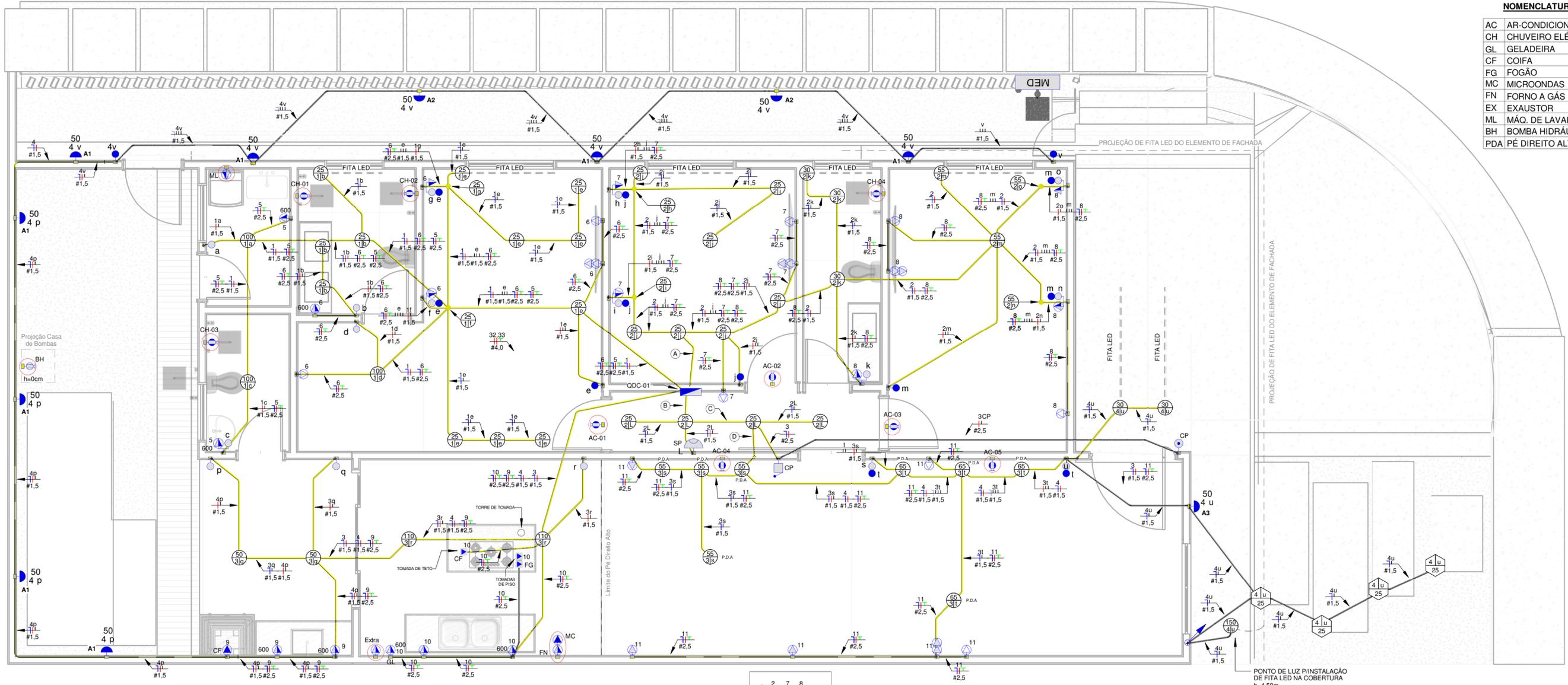
ZATOR, S.; SKOMUDEK, W. Impact of DSM on Energy Management in a Single-Family House with a Heat Pump and Photovoltaic Installation. **Energies**, Opole, v. 13, n. 5476, p. 1–20, 20 out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13205476>. Acesso em: 14 dez. 2024.

ZUMBA,, Francisco Daniel da Silva. **Adequação de instalação elétrica residencial às normas de segurança e serviço**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2022.

**APÊNDICE A – PLANTA ELÉTRICA DE CIRCUITOS TUGS E DE
ILUMINAÇÃO**

NOMENCLATURA

AC	AR-CONDICIONADO
CH	CHUVEIRO ELÉTRICO
GL	GELADEIRA
CF	COIFA
FG	FOGÃO
MC	MICROONDAS
FN	FORNO A GÁS
EX	EXAUSTOR
ML	MÁQ. DE LAVAR
BH	BOMBA HIDRÁULICA
PDA	PÉ DIREITO ALTO



TUG's E ILUMINAÇÃO

A	1 7 8	#1,5 #2,5 #2,5
B	2 3 4 11	#1,5 #1,5 #1,5 #2,5
C	2L 3 4 11	#1,5 #1,5 #1,5 #2,5
D	3 4 11	#1,5 #1,5 #2,5

PONTOS DE LUZ NA PAREDE

	A1	Arandela triangular a 160cm do piso acabado
	A2	Balizador de piso
	A3	Arandela vertical dois braços a 160cm do piso acabado

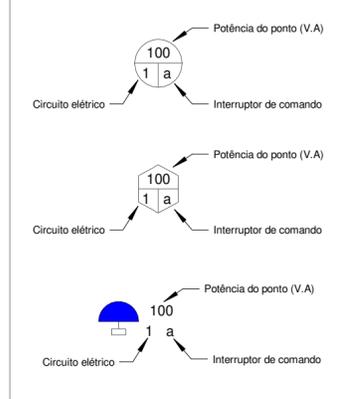
TOMADAS DE USO ESPECÍFICO (TUE)

Tomadas e pontos de saída que sejam de uso específico encontram-se circulos em vermelho. As fiações das TUE's vão direto para seus respectivos quadros, com cada circuito TUE passando por um condute individual, a menos que seja indicado o contrário.

	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso acabado
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 120cm do piso acabado
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso acabado
	Tomada de Piso/Teto 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Ponto de Força com placa saída de fio, a "x" cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção
	Conjunto de Tomada Média 2P+T, 20A + 2 interruptores, sendo um simples e um paralelo
	Conjunto de Tomada Média 2P+T, 20A + 1 interruptor simples
	Conjunto de 2 Interruptores, sendo um simples e um paralelo
	Interruptor paralelo (three-way)
	Ponto para acionamento da campainha
	Ponto para campainha
	Ponto de Telefone, RJ11, a 30cm do piso acabado
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente

	Ponto de luz embutido no teto
	Ponto de luz embutido no chão
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Projeção de fita LED
	Pé direito alto

DETALHAMENTO SÍMBOLOS



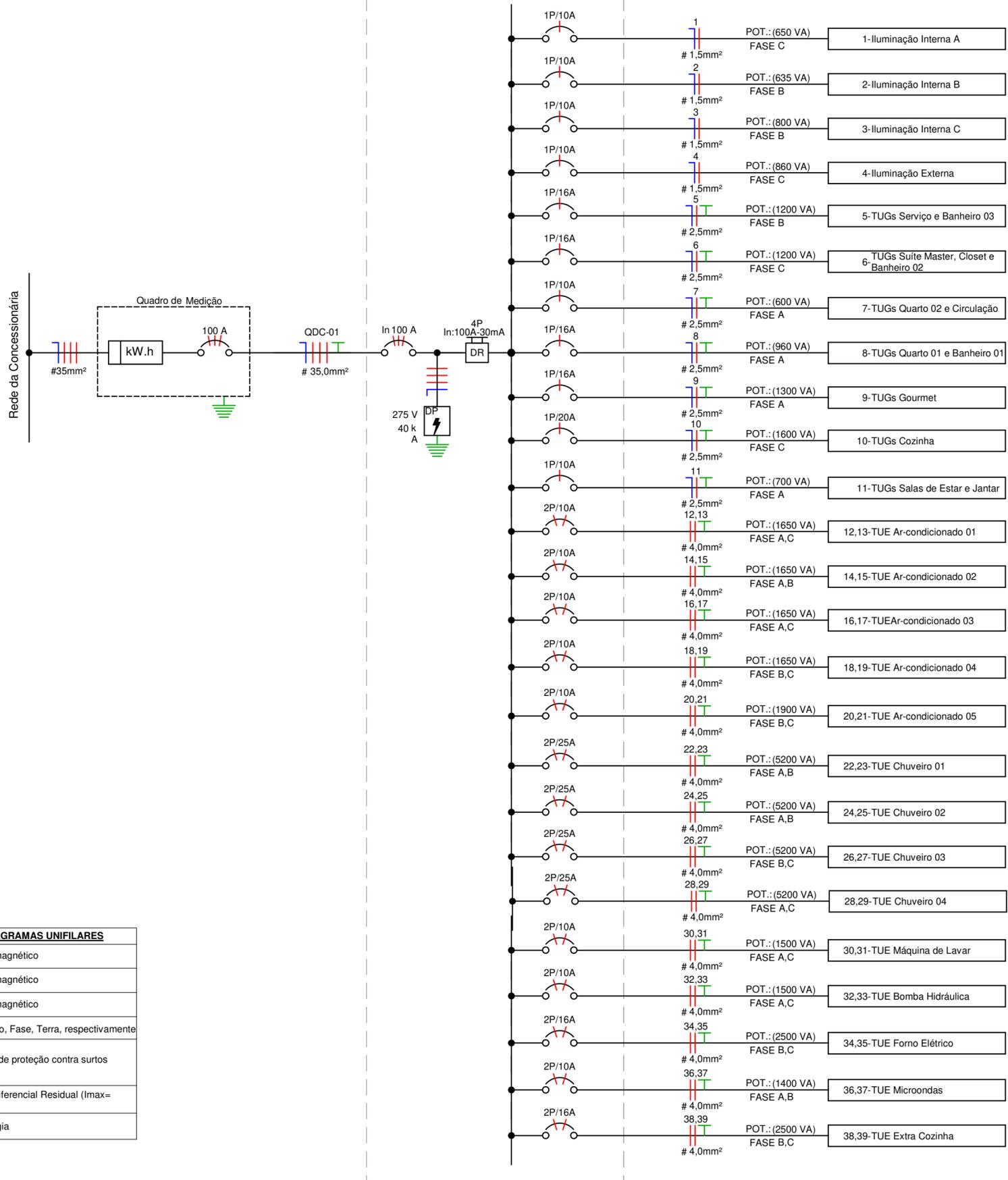
Notas Gerais

- 1- Eletrodutos embutidos no solo serão do tipo PEAD.
- 2- Eletrodutos embutidos na laje deverão ser do tipo corrugado reforçado.
- 3- Os condutores não cotados serão de #2,5mm², os condutores de retorno serão de #1,5mm².
- 4- Os eletrodutos não cotados serão de Ø25mm.
- 5- Em todo eletroduto subterrâneo, os condutores deverão ser de cobre, classe 0,6/1kV, isolamento em EPR, temperatura 90°C.
- 6- Os condutores elétricos de distribuição deverão ser de cobre, classe 450/750V, isolamento em PVC, temperatura 70°C.
- 7- A seção do condutor neutro é igual ao da fase do circuito, salvo indicação contrária.
- 8- O condutor neutro não poderá ser ligado ao condutor proteção terra após passar pelo quadro geral da instalação.
- 9- O condutor de proteção nunca deverá ser ligado ao IDR.
- 10- Utilizar um condutor neutro para cada circuito.
- 11- Os circuitos foram numerados pela quantidade de fases, ou seja, circuitos bifásicos contém dois números.
- 12- Utilizar chuveiros com resistência blindada para evitar o desligamento incorreto do IDR.
- 13- As instalações elétricas deverão ser executadas respeitando os padrões de qualidade e segurança estabelecidos na norma NBR5410:2004.
- 14- Todos os pontos metálicos deverão ser aterrados.
- 15- A indicação de potência no pontos de luz são os valores calculados para dimensionamento dos circuitos conforme prescrições da NBR 5410, não necessariamente correspondem ao valor exato das lâmpadas a serem instaladas.
- 16- Para As tomadas sem indicação de potência foi considera 100 VA.
- 17- Todos os eletrodutos de eletricidade deverão estar afastados 0,50m das tubulações de gás.

APÊNDICE B – PLANTA ELÉTRICA DE CIRCUITOS TUES E QUADROS

APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR

Painel QDC-01
 Pot. Instalada 48113 VA
 Pot. Demanda 21383 VA



LEGENDA DIAGRAMAS UNIFILARES	
	Disjuntor Termomagnético
	Disjuntor Termomagnético
	Disjuntor Termomagnético
	Condutores Neutro, Fase, Terra, respectivamente
	DPS-Dispositivo de proteção contra surtos
	IDR-Interruptor Diferencial Residual (Imax=30mA)
	Medidor de Energia

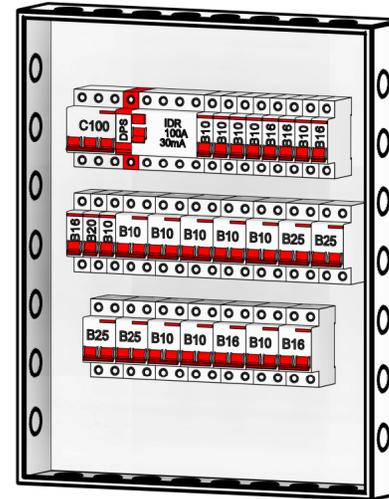
Notas Gerais

- Eletrodutos embutidos no solo serão do tipo PEAD.
- Eletrodutos embutidos na laje deverão ser do tipo corrugado reforçado.
- Os condutores não cotados serão de #2,5mm², os condutores de retorno serão de #1,5mm².
- Os eletrodutos não cotados serão de Ø25mm.
- Em todo eletroduto subterrâneo, os condutores deverão ser de cobre, classe 0,6/1kV, isolamento em EPR, temperatura 90°C.
- Os condutores elétricos de distribuição deverão ser de cobre, classe 450/750V, isolamento em PVC, temperatura 70°C.
- A seção do condutor neutro é igual ao da fase do circuito, salvo indicação contrária.
- O condutor neutro não poderá ser ligado ao condutor proteção terra após passar pelo quadro geral da instalação.
- O condutor de proteção nunca deverá ser ligado ao IDR.
- Utilizar um condutor neutro para cada circuito.
- Os circuitos foram numerados pela quantidade de fases, ou seja, circuitos bifásicos contém dois números.
- Utilizar chuveiros com resistência blindada para evitar o desligamento incorreto do IDR.
- As instalações elétricas deverão ser executadas respeitando os padrões de qualidade e segurança estabelecidos na norma NBR5410:2004.
- Todos os pontos metálicos deverão ser aterrados.
- A indicação de potência no pontos de luz são os valores calculados para dimensionamento dos circuitos conforme prescrições da NBR 5410, não necessariamente correspondem ao valor exato das lâmpadas a serem instaladas.
- Para As tomadas sem indicação de potência foi considera 100 VA.
- Todos os eletrodutos de eletricidade deverão estar afastados 0,50m das tubulações de gás.

APÊNDICE D – QUADRO DE CARGAS E QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

QUADRO DE CARGAS

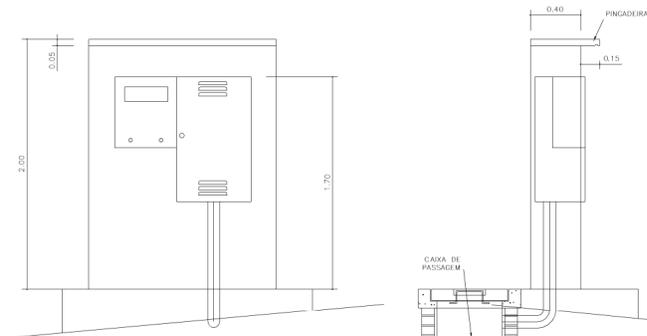
Circ.	Descrição	Tensão	Potência (VA)	Fator de potência	FCA	FCT	Potência Corrigida (VA)	Corrente verdadeira	Disjuntor	Seção do Condutor Adotado (mm²)
QDC-01										
1	Iluminação Interna A	127,00	650 VA	1	0,7	1	650 W	5,12 A	10,00 A	1,5
2	Iluminação Interna B	127,00	635 VA	1	0,7	1	635 W	5,00 A	10,00 A	1,5
3	Iluminação Interna C	127,00	800 VA	1	0,7	1	800 W	6,30 A	10,00 A	1,5
4	Iluminação Externa	127,00	860 VA	1	0,7	1	860 W	6,77 A	10,00 A	1,5
5	TUGs Serviço e Banheiro 03	127,00	1200 VA	0,8	0,7	1	960 W	7,56 A	16,00 A	2,5
6	TUGs Suíte Master, Closet e Banheiro 02	127,00	1200 VA	0,8	0,7	1	960 W	7,56 A	16,00 A	2,5
7	TUGs Quarto 02 e Circulação	127,00	600 VA	0,8	0,7	1	480 W	3,78 A	10,00 A	2,5
8	TUGs Quarto 01 e Banheiro 01	127,00	1200 VA	0,8	0,7	1	960 W	7,56 A	16,00 A	2,5
9	TUGs Gourmet	127,00	1300 VA	0,8	0,7	1	1040 W	8,19 A	16,00 A	2,5
10	TUGs Cozinha	127,00	1600 VA	0,8	0,7	1	1280 W	10,08 A	20,00 A	2,5
11	TUGs Salas de Estar e Jantar	127,00	700 VA	0,8	0,7	1	560 W	4,41 A	10,00 A	2,5
12,13	TUE Ar-condicionado 01	220,00	1650 VA	1	1	1	1650 W	7,50 A	10,00 A	4
14,15	TUE Ar-condicionado 02	220,00	1650 VA	1	1	1	1650 W	7,50 A	10,00 A	4
16,17	TUE Ar-condicionado 03	220,00	1650 VA	1	1	1	1650 W	7,50 A	10,00 A	4
18,19	TUE Ar-condicionado 04	220,00	1650 VA	1	1	1	1650 W	7,50 A	10,00 A	4
20,21	TUE Ar-condicionado 05	220,00	1900 VA	1	1	1	1900 W	8,64 A	10,00 A	4
22,23	TUE Chuveiro 01	220,00	5200 VA	1	1	1	5200 W	23,64 A	25,00 A	4
24,25	TUE Chuveiro 02	220,00	5200 VA	1	1	1	5200 W	23,64 A	25,00 A	4
26,27	TUE Chuveiro 03	220,00	5200 VA	1	1	1	5200 W	23,64 A	25,00 A	4
28,29	TUE Chuveiro 04	220,00	5200 VA	1	1	1	5200 W	23,64 A	25,00 A	4
30,31	TUE Máquina de Lavar	220,00	1500 VA	1	1	1	1500 W	6,82 A	10,00 A	4
32,33	TUE Bomba Hidráulica	220,00	1500 VA	1	1	1	1500 W	6,82 A	10,00 A	4
34,35	TUE Forno Elétrico	220,00	2500 VA	1	1	1	2500 W	11,36 A	16,00 A	4
36,37	TUE Microondas	220,00	1400 VA	1	1	1	1400 W	6,36 A	10,00 A	4
38,39	TUE Extra Cozinha	220,00	2500 VA	1	1	1	2500 W	11,36 A	16,00 A	4



QDC-01

Lista de Materiais - Peças

Descrição do Material	Dimensões	Quantidade e (peças)
Poste com 1 Medidor Lateral Bifásico Completo, Com Disjuntor Bifásico e Haste de terra		1
Caixas de Embutir		
Caixa de Luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	76
Caixa de Piso Baixa 4x4 em alumínio, 3/4"	4"x4"	2
Caixa octogonal 4"x4" com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	56
Campinha		
Conjunto montado com 1 campinha tipo cigarra ou equivalente, 10A 250V~, 4"x2"	1Camp., 4"x2"	1
Conjunto montado com 1 Pulsador para campinha, ou equivalente, 10A 250V~, 4"x2"	1Puls., 4"x2"	1
Disjuntores e Proteções		
DPS - Disjuntor de proteção contra surtos, monopolar, tensão nominal de operação UO 127/220V, máxima tensão de operação contínua UC= 275 V, corrente de descarga máxima= 40kA, fixação em trilho DIN 35mm	VCL 275V 40kA Slim	1
IDR Interruptor Diferencial Residual Tetrapolar In=100A, 30mA	In=100 A, 30mA	1
Mini Disjuntor Bipolar 10A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 10A	8
Mini Disjuntor Bipolar 16A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 16A	2
Mini Disjuntor Bipolar 25A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 25A	4
Mini Disjuntor Monopolar 10A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 10A	6
Mini Disjuntor Monopolar 16A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 16A	4
Mini Disjuntor Monopolar 20A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 20A	1
Mini Disjuntor Tripolar 100A Curva C, conforme IEC 60947-28, encaixe perfil DIN 35mm	C 100A	1
Interruptores		
Conjunto montado com 1 Interruptor paralelo, 10A 250V~, 4"x2"	1P, 4"x2"	5
Conjunto montado com 1 Interruptor simples, 10A 250V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	6
Conjunto montado com 1 Sensor de presença, 10A 250V~, 4"x2"	1Sensor, 4"x2"	1
Conjunto montado de interruptor com 1 tecla simples e 1 tecla paralelo, 4"x2"	1S+1P, 4"x2"	2
Interruptores + Tomadas		
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Interruptor Paralelo + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1S + 1P + 1 Tomada 10A, 4"x2"	3
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Interruptor Paralelo + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1S + 1P + 1 Tomada 20A, 4"x2"	3
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1S+1Tom.20A, 4"x2"	2
Placa saída de fio		
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio Ø11mm, 4"x2"	Saída de fio	10
Quadros		
Quadro de Distribuição Slim 48 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 420x505x60mm.	48 Disjuntores	1
Tomadas		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 20A, posto horizontal, 4"x2"	20A, 4"x2"	23
Conjunto montado de 1 Tomada de piso 2P+T, 10A, com tampa tipo unha, 4"x4"	1x10A de piso 4x4	1
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 20A, postos horizontais, 4"x2"	2x20A, 4"x2"	4
Conjunto montado de 2 Tomadas de piso 2P+T, 10A, com tampa tipo unha dupla, 4"x4"	2Tom. 10A de piso	1
Tomadas para Telefone e Antena de TV		
Conjunto montado de 1 tomada para antena de TV, para cabo coaxial de 75ohms, 4"x2"	Coaxial, 4"x2"	4



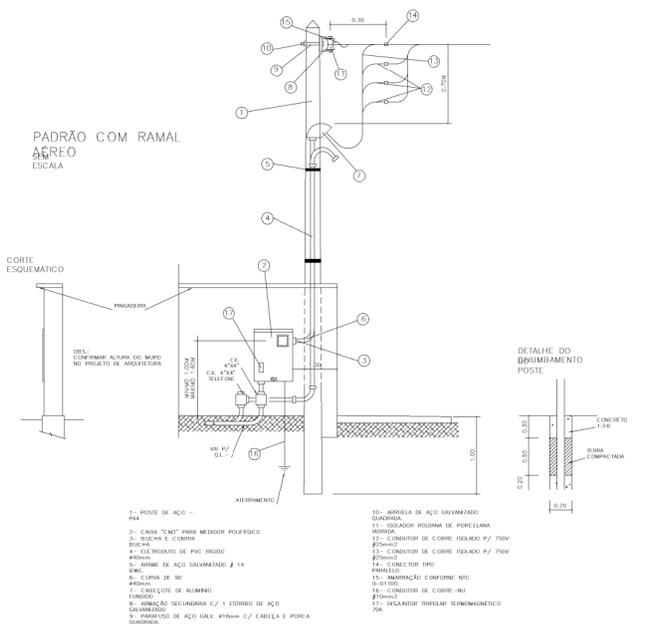
VISTA DA MURETA DE MEDIÇÃO
ESCALA:

Quantitativo de Cabos em Metros (Cobre/Un/Isol. PVC/750V/70°C)

(FA- Condutor Fase A), (FB- Condutor Fase B), (FC- Condutor Fase C), (N - Condutor Neutro), (PE - Condutor...)

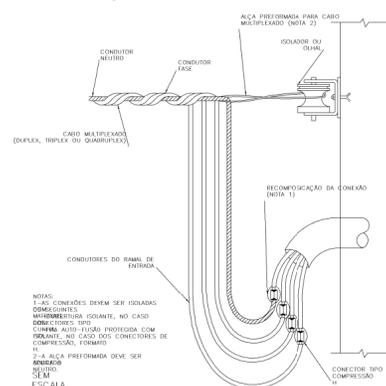
Sugestão de Cores para os condutores- FA: Vermelho, FB: Preto, FC:Amarelo, N: Azul Claro, PE: Verde

FA-2,5mm²	FA-4,0mm²	FA-35,0mm²	FB-1,5mm²	FB-2,5mm²	FB-4,0mm²	FB-35,0mm²	FC-1,5mm²	FC-2,5mm²	FC-4,0mm²	FC-35,0mm²	N-1,5mm²	N-2,5mm²	PE-2,5m m²	PE-4,0m m²	Re-1,5mm²	Tipo de Condutor
115,9	82,1	14,8	90,2	16,5	79,6	14,8	98,1	49,1	94,3	14,8	210,0	181,6	180,4	128,0	393,0	CABO PVC FLEXÍVEL 70º



PADRÃO COM RAMAL AÉREO
ESCALA:

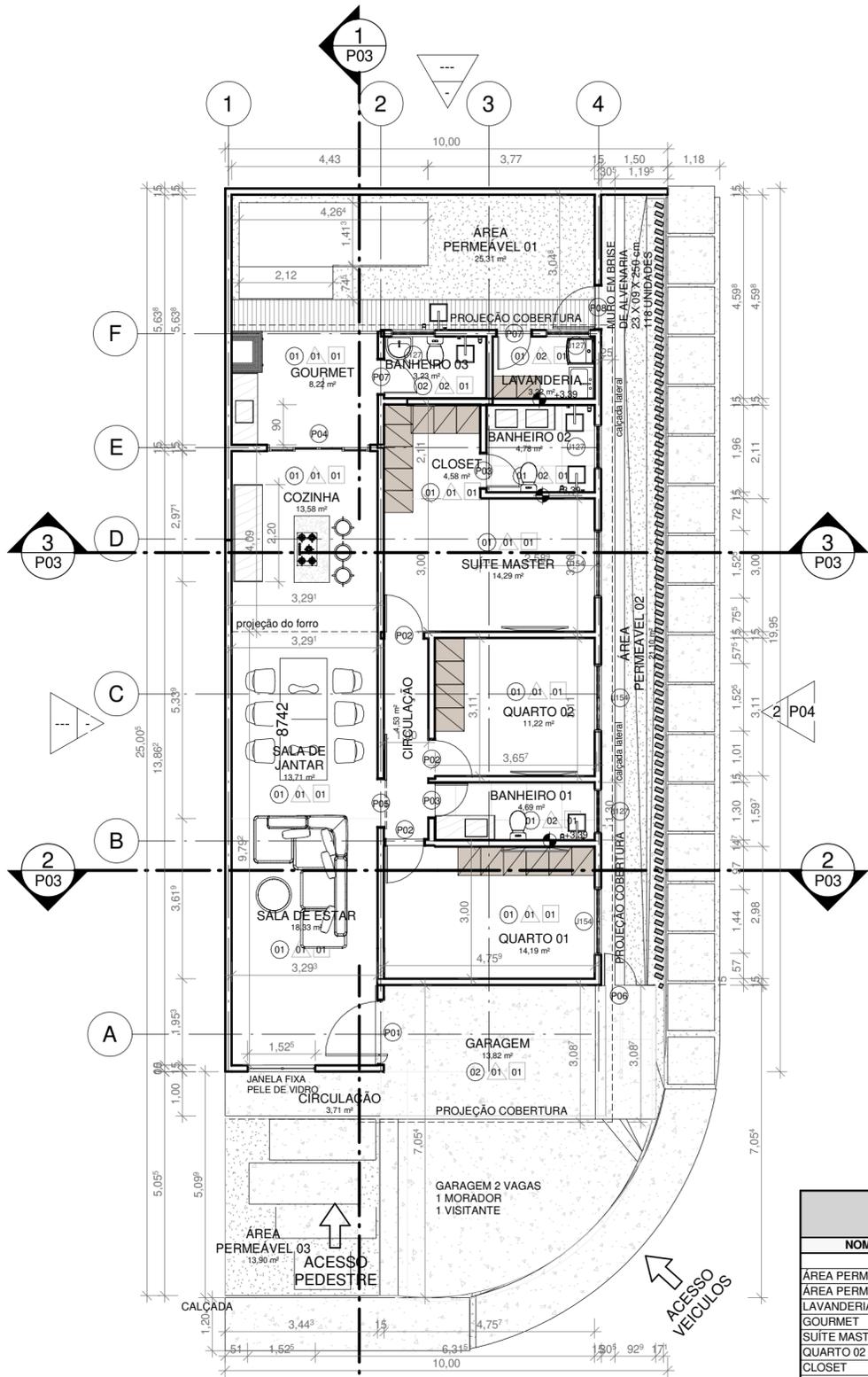
PADRÃO COM RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO, AMARRAÇÕES E CONEXÕES



Lista de Materiais - Eletrodutos

Descrição do Material	Diâmetro Nominal	Comprimento (m)
Eletroduto flexível corrugado PEAD, conforme NBR15715	Ø40	16,94 m
Eletroduto flexível corrugado PEAD, conforme NBR15715	Ø25	91,49 m
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarelo antichamas, conforme NBR15465	Ø25	375,09 m

ANEXO A – PLANTA ARQUITETÔNICA



1 PLANTA BAIXA
ESCALA 1 : 100



2 PLANTA DE LAYOUT
ESCALA 1 : 100

QTO - PORTAS					
CÓD	QT	COMPRIMENTO	ALTURA	PERIMETRO	Material da moldura
P06	1	0,800	2,000	4,800	porta de abrir - vidro
P03	2	0,800	2,100	5,000	porta de abrir - madeira
P07	2	0,800	2,100	5,000	porta de abrir - alumínio
P02	3	0,900	2,100	5,100	porta de abrir - madeira
P08	1	1,000	2,100	5,200	porta de abrir - vidro
P05	1	1,100	2,100	5,300	porta de correr - madeira
P01	1	1,462	2,435	6,332	porta de abrir - madeira
P04	1	2,320	2,180	6,680	alumínio + vidro

QTO - ESQUADRIAS TOTAIS					
CÓD	QT	COMPRIMENTO	ALTURA	PEITORIL	Descrição
J127	4	1,000	0,500	1,600	Janela de Abrir em alumínio e vidro
J154	3	1,500	1,800	0,300	Janela de Abrir em alumínio e vidro

AR - QUADRO GERAL DE ÁREAS...				
NOME	ÁREA	PERIMETRO	PÉ DIREITO	
BANHEIRO 01	4,69 m²	9,818	2,500	
BANHEIRO 02	4,78 m²	8,798	2,500	
BANHEIRO 03	3,23 m²	7,503	2,438	
CIRCULAÇÃO	4,53 m²	11,053	2,800	
CIRCULAÇÃO	3,71 m²	8,598	2,438	
CLOSET	4,58 m²	8,581	2,800	
COZINHA	13,58 m²	14,832	2,800	
GARAGEM	13,82 m²	27,174	2,438	
GOURMET	8,22 m²	11,582	2,800	
LAVANDERIA	3,22 m²	7,400	2,800	
QUARTO 01	14,19 m²	15,518	2,500	
QUARTO 02	11,22 m²	13,438	2,800	
SALA DE ESTAR	18,33 m²	17,730	4,000	
SALA DE JANTAR	13,71 m²	14,912	4,000	
SUITE MASTER	14,29 m²	15,538	2,800	
ÁREA PERMEÁVEL 02	21,10 m²	72,526	2,438	
ÁREA PERMEÁVEL 01	25,31 m²	22,684	2,438	
ÁREA PERMEÁVEL 03	13,90 m²	14,950	2,438	

TOTAL ÁREA PERMEÁVEL = 74,67m²

ST	OD	INSC NA P.M.J.P.	LT	VL	S-LT
12A	32B	1456			

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO E RESPONSABILIDADE
DECLARAMOS, para todos os fins, termos pleno conhecimento que o presente projeto, relativo à construção, ampliação, reforma ou restauro da edificação está sendo aprovado APENAS em relação à legislação de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo e aos parâmetros urbanísticos no Decreto nº 3.30 de 06 de Abril de 2016.
DECLARAMOS, ainda que o projeto atende a todas as exigências das legislações Municipais, Estaduais, Federais e Normas Técnicas Brasileiras, inclusive quanto à acessibilidade para pessoa com deficiência (PcD) e ASSUMIMOS toda a responsabilidade pela elaboração do projeto, atendendo as normas relativas ao direito de vizinhança, à acessibilidade, solidez, higiene e condições de habitabilidade.
ESTAMOS cientes que a desobediência às normas poderá ser objeto de ação judicial nas esferas civil e criminal, além das sanções administrativas decorrentes de eventuais prejuízos a terceiros, devendo serem atendidas as condições previstas na legislação federal, estadual e municipal entre outras, a Lei Complementar nº 003, de 16 de janeiro de 2014, em seus artigos 7º e 8º

Manaus, 06 de janeiro de 202

AR - QUADRO DE REVESTIMENTOS DOS AMBIENTE					
NOME	PISO	PAREDES	FORRO	Comentários	
ÁREA PERMEÁVEL 01					
ÁREA PERMEÁVEL 02					
LAVANDERIA	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	02 porcelanato tipo 2 - 60x60	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco	revestimento: todas as paredes	
GOURMET	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
SUITE MASTER	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
QUARTO 02	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
CLOSET	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
COZINHA	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
SALA DE JANTAR	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
SALA DE ESTAR	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
CIRCULAÇÃO	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
BANHEIRO 01	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	02 porcelanato tipo 2 - 60x60	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco	revestimento: área molhada (Box)	
BANHEIRO 02	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	02 porcelanato tipo 2 - 60x60	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco	revestimento: área molhada (Box)	
QUARTO 01	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
ÁREA PERMEÁVEL 03					
GARAGEM	02 porcelanato tipo 02 - 60x60 não polido	01 pintura acrílica cor branca	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco		
CIRCULAÇÃO	02 porcelanato tipo 02 - 60x60 não polido	01 pintura acrílica cor branca			
BANHEIRO 03	01 porcelanato tipo 01 - 90x90	02 porcelanato tipo 2 - 60x60	01 forro gesso acartonado cor: branco fosco	revestimento: todas as paredes	



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFRAESTRUTURA

FICHA DE INDICAÇÃO DE BANCA EXAMINADORA

À Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil

Prezado(a) Coordenador(a),

Venho por meio desta, indicar os membros para a banca de defesa de TCC do(a) discente: João Pedro Rodrigues Xavier, a ser realizada no dia 27 de janeiro de 2025, a partir das 18 horas, na sala Laboratório de Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro.

COMPOSIÇÃO DA BANCA:

Função	Nome completo	E-mail institucional	Telefone
Orientador(a)/presidente	Luiz Eduardo Mateus do Santos	luiz.mateus@ifam.edu.br	92 99604-9294
Membro titular	Litiko Lopes Takeno	litiko.takeno@ifam.edu.br	92 99528-1323
Membro titular	Alberto Fábio da Silva Taveira	alberto.taveira@ifam.edu.br	92 98193-4321
Membro suplente	Jussara Socorro Cury Maciel	jussara.macielf@ifam.edu.br	92 99148-1383
Membro suplente	Marcos Raiker P. Ferreira	marcos.raiker@ifam.edu.br	92 99109-7429



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS CENTRO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFRAESTRUTURA**



Documento assinado digitalmente

LUIZ EDUARDO MATEUS DOS SANTOS

Data: 06/01/2025 08:42:39-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



ANEXO 3

TERMO DE COMPROMISSO DE ORIGINALIDADE DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O presente termo é documento integrante de todo Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a ser submetido à avaliação do IFAM *Campus* Manaus Centro como requisito obrigatório à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Eu, João Pedro Rodrigues Xavier, CPF 02484378289, Registro de Identidade 25396706, na qualidade de estudante do Curso Superior de Engenharia Civil do IFAM *Campus* Manaus Centro, declaro que o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em anexo, cujo título é ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA TENSÃO, encontra-se plenamente em conformidade com os critérios técnicos, acadêmicos e científicos de originalidade.

Nesse sentido, declaro, para os devidos fins, que:

- o referido TCC foi elaborado com minhas próprias palavras, ideias, opiniões e juízos de valor, não consistindo, portanto PLÁGIO, por não reproduzir, como se meus fossem, pensamentos, ideias e palavras de outra pessoa;
- as citações diretas de trabalhos de outras pessoas, publicados ou não, apresentadas em meu TCC, estão sempre claramente identificadas entre aspas e com a completa referência bibliográfica de sua fonte, de acordo com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- todas as séries de pequenas citações de diversas fontes diferentes foram identificadas como tais, bem como às longas citações de uma única fonte foram incorporadas suas respectivas referências, pois fui devidamente informado(a) e orientado(a) a respeito do fato de que, caso contrário, as mesmas constituiriam plágio;
- todos os resumos e/ou sumários de ideias e julgamentos de outras pessoas estão acompanhados da indicação de suas fontes em seu texto e as mesmas constam das referências do TCC, pois fui devidamente informado(a) e orientado(a) a respeito do fato de que a inobservância destas regras poderia acarretar alegação de fraude.

O (a) Docente (a) responsável pela orientação de meu trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentou-me a presente declaração, requerendo o meu compromisso de não praticar quaisquer atos que pudessem ser entendidos como plágio na elaboração de meu TCC, razão pela qual declaro ter lido e entendido todo o seu conteúdo e submeto o documento em anexo para apreciação do IFAM *Campus* Manaus Centro como fruto de meu exclusivo trabalho.

Cidade, AM, 06 de JANEIRO de 2025.



Documento assinado digitalmente
JOAO PEDRO RODRIGUES XAVIER
Data: 06/01/2025 21:58:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do estudante



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

ANEXO 4

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA ENTREGA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO PARA A BANCA EXAMINADORA

Eu, Docente (a) LUIZ EDUARDO MATEUS DOS SANTOS, autorizo o (a)
estudante JOÃO PEDRO RODRIGUES XAVIER a entregar o Trabalho de
Conclusão de Curso, cujo título é
ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA TENSÃO, com
78 páginas, ao setor responsável pelo protocolo.

Cidade, AM, 06 de JANEIRO de 2025.



Documento assinado digitalmente
LUIZ EDUARDO MATEUS DOS SANTOS
Data: 06/01/2025 08:48:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Docente-orientador



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

ANEXO 6

FICHA DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 27 dias do mês de JANEIRO de 2025, às 17:00, o(a) estudante
JOÃO PEDRO RODRIGUES XAVIER

apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes:

Prof(a). orientador(a): Luiz Eduardo Moraes dos Santos

Prof(a). co-orientador(a): _____

Prof(a). membro 1: ALBERTO FÁBIO DA SILVA TAVARA

Prof(a). membro 2: LIAKO LOPES TAKENO

A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) Presidente da Banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo um breve referência ao TCC que tem como título: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA TENSÃO

Na sequência, o(a) estudante teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouidas as explicações do(a) estudante, a Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou suas notas, conforme quadro abaixo:

	Orientador(a)	Coorientador(a)	Membro 1	Membro 2
Trabalho escrito (0 a 6)	6,0	—	6,0	6,0
Apresentação oral (0 a 4)	4,0	—	4,0	3,5
Nota final (0 a 10)	10,0	—	10,0	9,5
Média Final	9,8			

No item **trabalho escrito**, a banca examinadora avaliou a organização sequencial, argumentação, profundidade do tema, correção gramatical, clareza, apresentação estética, adequação aos aspectos formais das normas da ABNT, relevância e contribuição acadêmica da pesquisa.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

No item **apresentação oral**, a banca examinadora avaliou: domínio do conteúdo, organização da apresentação, habilidades de comunicação e expressão, capacidade de argumentação, correção gramatical e apresentação estética do trabalho.

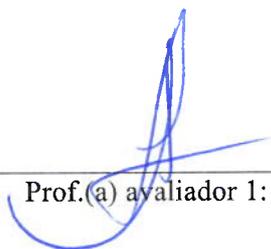
A **média final** foi calculada pela soma das notas finais atribuídas pelos membros da Banca Avaliadora dividida pela quantidade de membros da Banca Avaliadora.

ALTERAÇÕES PROPOSTAS PELA BANCA



Prof.(a) Orientador(a)/Presidente:

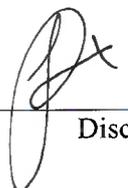
Prof.(a) coorientador(a), se houver



Prof.(a) avaliador 1:



Prof.(a) avaliador 2



Discente



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR

ANEXO 7

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 27 dias do mês de JANEIRO de 2025, às 17:00, o(a) estudante JOÃO PEDRO RODRIGO XAVIER apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes:

Prof(a). orientador(a): LUIZ EDUARDO MATEUS DOS SANTOS

Prof(a). coorientador(a): _____

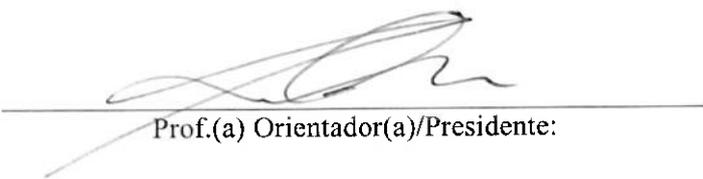
Prof(a). membro 1: ALBERTO FÁBIO DA SILVA TAUGIRA

Prof(a). membro 2: LITIKO LOPES TAKENO

A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) Presidente da Banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo um breve referência ao TCC que te como título: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA TENSÃO

Na sequência, o(a) estudante teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho, e cada integrante da Banca Examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) estudante, a Banca Examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO com média 9,8 (NOVE, OITO) do referido trabalho.

Foi dada ciência ao(à) estudante que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 27/02/2025 com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a seção foi encerrada às 17:45, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) estudante.

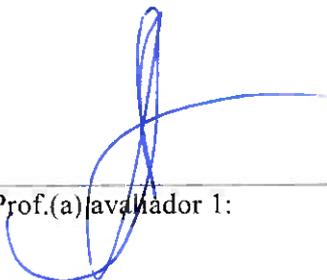


Prof.(a) Orientador(a)/Presidente:

Prof.(a) coorientador(a), se houver



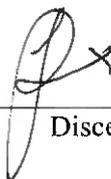
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CONSELHO SUPERIOR



Prof.(a) avaliador 1:



Prof.(a) avaliador 2



Discente

ANEXO 8
TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DIGITAL

1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL BIBLIOGRÁFICO: Estudo de Caso de um Projeto Elétrico Residencial de Baixa Tensão

2. IDENTIFICAÇÃO DO AUTOR

Nome: João Pedro Rodrigues Xavier
RG: 2539670-6 CPF: 024.843.382 - 89 E-Mail: 2020000360@ifam.edu.br
Orientador: Luiz Eduardo Mateus dos Santos CPF: 745.027.192 - 34
Co-orientador: _____ CPF: _____

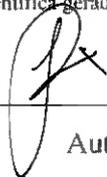
3. IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

Curso: ENGENHARIA CIVIL
Área de Conhecimento ou Eixo Tecnológico:
Título: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL DE BAIXA TENSÃO

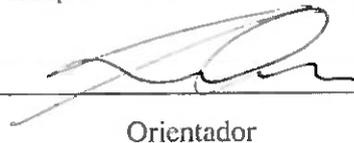
4. INFORMAÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Este documento é confidencial? () Sim (X) Não
Este trabalho ocasionará registro de patente? () Sim (X) Não
Este trabalho pode ser liberado para reprodução? (X) Sim () Não

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação supracitada, de acordo com a Lei no. 9610/98, autorizo o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas a disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, conforme permissões assinaladas acima, o documento em meio eletrônico na Rede Mundial de Computadores, no formato digital PDF, para fins de leitura, impressão ou download, a título de divulgação científica gerada pelo Instituto, a partir desta data. Estou ciente que o conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.



Autor



Orientador

Local: MANAUS

Data: 27 / 01 / 2025

