

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS ITAJAÍ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**HUGO ALVES CRISPIM**

**NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO SETOR DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO COM APLICAÇÃO EM UM ESTUDO  
DE CASO**

**ITAJAÍ, 2023.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS ITAJAÍ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**HUGO ALVES CRISPIM**

**NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO SETOR DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO COM APLICAÇÃO EM UM ESTUDO  
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador:  
Prof. MSc. Marcelo dos Santos Coutinho

**ITAJAÍ, 2023.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca do IFSC.

Crispim, Hugo

NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO SETOR DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO COM APLICAÇÃO EM UM ESTUDO DE  
CASO / Hugo Crispim ; orientador, Marcelo Coutinho, 2023.  
113 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto  
Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí, Graduação em  
Engenharia Elétrica , Itajaí, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica . 2. Instalações Elétricas. 3.  
Modelagem BIM. 4. Barramentos Blindados. I. Coutinho,  
Marcelo. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Graduação  
em Engenharia Elétrica . III. Título.

# **NOVAS TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO SETOR DE PROJETOS ELÉTRICOS DE BAIXA TENSÃO COM APLICAÇÃO EM UM ESTUDO DE CASO**

**HUGO ALVES CRISPIM**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Itajaí, 30 de maio de 2023.

Banca Examinadora:

---

**Marcelo dos Santos Coutinho, MSc.**

Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina – Câmpus Itajaí

---

**Alfen Ferreira de Souza Junior, Msc.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina – Câmpus Itajaí

---

**Daniel dos Santos Matos, Dr.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina – Câmpus Itajaí

*Por isso não desanimamos. Embora exteriormente estejamos a desgastar-nos, interiormente estamos sendo renovados dia após dia, pois os nossos sofrimentos leves e momentâneos estão produzindo para nós uma glória eterna que pesa mais do que todos eles. Assim, fixamos os olhos, não naquilo que se vê, mas no que não se vê, pois o que se vê é transitório, mas o que não se vê é eterno.*

*(2 Coríntios 4:16-18)*

## RESUMO

Ao decorrer dos anos, a área de projetos de instalações elétricas avançou no desenvolvimento de novas tecnologias que trouxeram soluções mais práticas e vantajosas, bem como, novas perspectivas para os projetos de edificações. A primeira tecnologia apresentada é o sistema de barramentos blindados, que são definidos como linhas pré-fabricadas de alumínio ou cobre, e possuem o objetivo de substituir a distribuição de energia elétrica, que convencionalmente é feita por cabos. Esta tecnologia caracteriza-se principalmente pela redução de custos e diminuição do espaço utilizado em um empreendimento, com um reduzido desperdício de material na sua instalação. A segunda tecnologia apresentada é o *Building Information Modeling* (BIM), que se caracteriza por ser um modelo de construção feito em um programa de computador, com recurso de visualização em 3D. O conceito da BIM vai além de uma visualização em 3D, refere-se também a cronogramas, orçamentos, gestão de recursos, dentre outros aspectos. Uma de suas grandes vantagens é a verificação de interferências entre os diversos projetos de uma edificação, a qual irá auxiliar na detecção de falhas ainda na fase de projeto, com isso, diminuindo custos e retrabalhos na obra. O presente trabalho visa apresentar e aplicar essas duas novas tecnologias, que atualmente estão conquistando cada vez mais espaço no mercado. Ambas tecnologias serão aplicadas em um estudo de caso, tornando possível identificar suas características. Ao final do trabalho conclui-se que a utilização da tecnologia de barramentos blindados, para o estudo de caso torna-se viável, devido ao seu custo inferior e suas melhores características técnicas. Do mesmo modo, para a tecnologia BIM, será perceptível que as ferramentas utilizadas durante sua aplicação, facilitaram no desenvolvimento do próprio projeto, e nas soluções para as interferências entre projetos.

**Palavras-chave:** Instalações Elétricas. Modelagem BIM. Barramentos Blindados.

## **ABSTRACT**

Over the years, the area of electrical installation projects has advanced in the development of new technologies that have brought more practical and advantageous solutions, as well as new perspectives for building projects. The first technology presented is the busway system, which are defined as prefabricated aluminum or copper lines, and have the objective of replacing the distribution of electrical energy, which is conventionally done by cables. This technology is characterized mainly by the reduction of costs and reduction of the space used in a building, with a reduced waste of material in its installation. The second technology presented is Building Information Modeling (BIM), which is characterized by being a construction model made in a computer program, with 3D visualization capability. The BIM concept goes beyond a 3D visualization, it also refers to schedules, budgets, resource management, among other aspects. One of its great advantages is the verification of interferences between the different projects in a building, which will help in the detection of failures even in the design phase, reducing costs and rework on site. The present work aims to present and apply these two new technologies, which are currently conquering more and more space in the market. Both technologies will be applied in a case study, making it possible to identify their characteristics. At the end of the work, it is concluded that the use of busway technology, for the case study, becomes viable, due to its lower cost and its better technical characteristics. Likewise, for BIM technology, it will be noticeable that the tools used during its application facilitated the development of the project itself, and the solutions for interference between projects.

**Key-words:** Electrical Installations. BIM modeling. Busway.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de cabo usado no sistema convencional .....	21
Figura 2 - Quadro para sistema de medição agrupada .....	22
Figura 3 - Foto de uma prumada vertical.....	22
Figura 4 - Diagrama vertical com os dois subsistemas do sistema convencional .....	23
Figura 5 - Barramento blindado.....	24
Figura 6 - Conexões para barramento blindado .....	25
Figura 7 - Quadro de distribuição geral .....	27
Figura 8 - Cofre de derivação acoplado ao barramento e anexo ao quadro de medição .....	28
Figura 9 - Cofre de derivação acoplado ao barramento e sob o quadro de medição	28
Figura 10 - Instalação do quadro de medição sobreposta ao barramento .....	30
Figura 11 - Instalação do quadro de medição anexa ao barramento.....	31
Figura 12 - Barreira corta-fogo .....	31
Figura 13 - Caixa concentradora para medição local .....	32
Figura 14 - Diagrama vertical do sistema de barramento blindado.....	33
Figura 15 - Dimensões BIM.....	36
Figura 16 - Atividades relacionadas ao BIM.....	38
Figura 17 - Projetos de diversas disciplinas no Revit .....	41
Figura 18 - Empreendimento do estudo de caso.....	47
Figura 19 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento térreo para viabilidade do sistema de <i>busway</i> .....	55
Figura 20 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento dos apartamentos para viabilidade do sistema de <i>busway</i> .....	55
Figura 21 - Alocação dos elementos na planta baixa do térreo para viabilidade do sistema convencional.....	58
Figura 22 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento dos apartamentos para viabilidade do sistema convencional .....	59
Figura 23 - Iniciando o projeto elétrico no Revit 2020.....	65
Figura 24 - Inserindo os demais modelos no projeto elétrico.....	66
Figura 25 - Vista 3D do edifício do estudo de caso .....	67
Figura 26 - Planta baixa do edifício estudado .....	67
Figura 27 - Ferramentas para inserção de pontos elétricos .....	68

Figura 28 - Determinando a elevação dos pontos elétricos .....	68
Figura 29 - Inserção das caixas octogonais nos apartamentos .....	69
Figura 30 - Vista 3D da inserção das caixas octogonais nos apartamentos .....	69
Figura 31 - Inserção dos pontos elétricos nos apartamentos .....	70
Figura 32 - Ferramenta para traçar o caminho dos eletrodutos .....	70
Figura 33 - Ferramenta para criação de cortes .....	71
Figura 34 - Exemplo de utilização da ferramenta de corte .....	71
Figura 35 - Projeto elétrico modelado .....	72
Figura 36 - Projeto elétrico modelado - Vista 3D .....	73
Figura 37 - Ferramenta para verificação de interferências .....	73
Figura 38 - Verificação de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico .....	74
Figura 39 - Relatório de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico .....	75
Figura 40 - Elemento em conflito na cor laranja - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico .....	75
Figura 41 - Exemplo de passagem de eletrodutos através da viga .....	77
Figura 42 - Exemplo de passagem de eletrodutos através da viga acima da parede .....	78
Figura 43 - Caixa octogonal inserida na viga .....	79
Figura 44 - Tomada, circulada em amarelo, inserida em uma parede próxima do sofá .....	79
Figura 45 - Tomada, circulada em amarelo, inserida em uma parede próxima do sofá - Vista 3D .....	80
Figura 46 - Exemplo 1 de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na laje.....	81
Figura 47 - Exemplo 2 de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na laje.....	82
Figura 48 - Ambientes e os respectivos lugares, em planta baixa, das interferências das Figuras 47 e 48 .....	82
Figura 49 - Exemplo de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na parede.....	83
Figura 50 - Exemplo de sobreposição de ponto elétrico com algum item do projeto hidrossanitário, circulados em amarelo .....	84
Figura 51 - Interferência Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico.....	85
Figura 52 - Gráfico das respostas da questão 1 .....	88

Figura 53 - Gráfico das respostas da questão 2.....	88
Figura 54 - Gráfico das respostas da questão 3.....	89
Figura 55 - Gráfico das respostas da questão 4.....	89
Figura 56 - Gráfico das respostas da questão 5.....	90
Figura 57 - Gráfico das respostas da questão 6.....	91
Figura 58 - Gráfico das respostas da questão 7.....	91
Figura 59 - Gráfico das respostas da questão 8.....	92
Figura 60 - Gráfico das respostas da questão 9.....	93
Figura 61 - Gráfico das respostas da questão 10.....	93
Figura 62 - Gráfico das respostas da questão 11.....	94
Figura 63 - Gráfico das respostas da questão 12.....	95

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1 - Exposição da metodologia para o dimensionamento do barramento blindado para um projeto elétrico .....	42
Fluxograma 2 - Exposição da metodologia para aplicação de ambas tecnologias para um projeto elétrico .....	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cálculo de demanda dos apartamentos .....	50
Quadro 2 - Cálculo da demanda total e corrente nominal demandada da edificação .....	50
Quadro 3 - Dados técnicos do barramento blindado .....	51
Quadro 4 - Cálculo da queda de tensão.....	52
Quadro 5 - Área ocupada pelos elementos da prumada no sistema de <i>busway</i> .....	54
Quadro 6 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 1 ....	55
Quadro 7 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 2 ....	56
Quadro 8 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 3 ....	56
Quadro 9 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 4 ....	56
Quadro 10 - Queda de tensão do sistema convencional .....	57
Quadro 11 - Área ocupada pelos elementos da prumada no sistema convencional.	58
Quadro 12 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 1 .....	59
Quadro 13 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 2 .....	60
Quadro 14 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 3 .....	60
Quadro 15 - Orçamento total utilizando o sistema de barramentos blindados.....	60
Quadro 16 - Orçamento total utilizando o sistema convencional .....	61
Quadro 17 - Comparação econômica da prumada entre os sistemas de distribuição de energia.....	61
Quadro 18 - Comparação econômica do sistema de medição entre os sistemas de distribuição de energia .....	62
Quadro 19 - Áreas utilizadas para ambos sistemas em seus respectivos pavimentos .....	63
Quadro 20 - Resultados dos cálculos da queda tensão para ambos sistemas.....	64
Quadro 21 - Trecho do relatório de interferências Projeto Estrutural x Projeto Elétrico .....	76
Quadro 22 - Classificação e quantificação de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico.....	80
Quadro 23 - Classificação e quantificação de interferências – Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico .....	84
Quadro 24 - Quantitativo total de Interferências .....	86
Quadro 25: Informações sobre os participantes do questionário .....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

BIM – Building Information Modeling

Celesc – Centrais elétricas de Santa Catarina

ENEL – Ente Nazionale per L'energia Elétrica

EPR – Etilenopropileno

HTML – HyperText Markup Language

IFC – Industry Foundation Classe

NBR – Norma Brasileira

NT – Norma Técnica

PVC – Policloreto de Vinila

QDG – Quadro de Distribuição Geral

XLPE – Polietileno Reticulado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1	Justificativa	18
1.2	Definição do Problema	18
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivos específicos	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
2.1	Sistema de Distribuição de Energia Convencional	20
2.1.1	Medição de energia	21
2.1.2	Prumada vertical	22
2.2	Sistema de Distribuição de Energia por Barramentos Blindados	23
2.2.1	Surgimento dos barramentos blindados	25
2.2.2	Mercado atual	26
2.2.3	Elementos da prumada	26
2.2.3.1	Quadro de distribuição geral	27
2.2.3.2	Cofres de derivação	27
2.2.3.3	Quadro de medição	29
2.2.3.4	Barreira corta-fogo	30
2.2.4	Sistema de medição de energia	32
2.2.4.1	Caixas concentradoras	32
2.2.5	Tipos de barramentos blindados com relação ao material	34
2.3	Building Information Modeling - BIM	34
2.3.1	Dimensões da plataforma BIM	36
2.3.2	Concepção da BIM e sua situação atual no Brasil	39
2.3.3	Software de plataforma BIM – Autodesk Revit	40
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
3.1	Fluxogramas da Metodologia	42
3.2	Questionário Avaliativo sobre BIM	43
3.3	Cálculo de Demanda	44
3.4	Cálculo da Queda de Tensão	45
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>47</b>
4.1	Especificações de Projeto	48
4.2	Especificações do Sistema de Barramento Blindado	50

4.2.1	Queda de tensão .....	50
4.2.2	Espaço utilizado .....	54
4.2.3	Custos .....	54
4.3	Especificações do Sistema Convencional de Distribuição de Energia .....	57
4.3.1	Queda de tensão .....	57
4.3.2	Espaço utilizado .....	58
4.3.3	Custos .....	59
4.4	Comparativo Econômico.....	60
4.5	Comparativo Técnico.....	62
4.6	Aplicação da BIM no Estudo de Caso.....	64
4.6.1	Modelagem do projeto elétrico.....	65
4.6.1.1	Iniciando o projeto de instalações elétricas .....	65
4.6.1.2	Inserção dos pontos elétricos .....	66
4.6.1.3	Executando o traçado dos eletrodutos.....	70
4.6.2	Compatibilização .....	72
4.6.3	Exposição e Análise de interferências .....	76
4.6.3.1	Projeto Estrutural x Projeto Elétrico .....	76
4.6.3.2	Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico.....	80
4.6.3.3	Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico.....	83
4.6.4	Discussão dos resultados .....	85
4.7	Questionário Avaliativo sobre a BIM .....	87
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>98</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, algumas tecnologias relacionadas a projetos de instalações elétricas foram evoluindo e ganhando mais espaço no mercado, fazendo com que as tecnologias tradicionais começassem a cair em desuso. Duas dessas tecnologias que estão caindo em desuso, mas ainda empregadas, são o sistema convencional de distribuição de energia, feita por cabos, e os projetos de instalações elétricas que utilizam de *softwares Computer Aided Design* (CAD).

A distribuição de energia elétrica é uma etapa importante na execução de um projeto de um empreendimento. Nesse ramo, surgem os barramentos blindados como uma nova tecnologia, mantendo a mesma utilidade dos condutores elétricos no sistema convencional (GIMI POGLIANO, 2022).

Conhecido também por *busway*, de acordo com a norma E-321.0003 (2019) da Celesc, consiste em linhas pré-fabricadas de barras de cobre ou alumínio, as quais são separadas e isoladas por suportes e envolta a um invólucro, com a finalidade de substituir os cabos elétricos convencionais no transporte de energia elétrica.

Tal tecnologia tem seu início na indústria automobilística estadunidense na década de 20, onde se necessitava de um sistema flexível e que agregasse mais engenharia e menos mão de obra nas instalações elétricas (BOMEISEL, 2015). Em paralelo, esta tecnologia surge também da necessidade de se ter um sistema de distribuição de energia eficiente e economicamente viável. Apesar de ser uma tecnologia não atual, o *busway* apenas começou a ganhar notoriedade no Brasil nos últimos anos, pois mostrou não somente ser uma excelente solução para o setor industrial, mas também para edificações residenciais e comerciais (CUNHA, 2009). Devido a competitividade do setor da construção civil, que busca soluções que reduzem os custos, o sistema de barramento blindado está sendo cada vez mais necessário em tal ramo.

Uma outra tecnologia associada à projetos elétricos é a plataforma *Building Information Modeling* (BIM). Tal tecnologia é vista como uma forma de modelagem de projeto que permite aos projetistas projetarem o empreendimento em um ambiente virtual antes do mesmo ser construído no mundo real. Muitos projetos de instalações elétricas que utilizam de *softwares* CAD, em diversas aplicações tal tecnologia supre,

contudo, há limitações com sua utilização. Desta maneira, a plataforma BIM desponta como alternativa a suprir demandas que o sistema tradicional de projetos é limitante.

O projeto usando a BIM é criado utilizando componentes virtuais, cada um deles sendo perfeitamente análogo a um componente real no ambiente físico (RAY CROTTY, 2012). De acordo com Steve Race (2014), a plataforma BIM nos dá uma perspectiva muito mais potente e abrangente do que o acrônimo tenta de fato representar. A utilização desta tecnologia implica em planejamento, organização, controle de recursos e informações, não só do projeto, mas dos projetistas das várias áreas que uma edificação exige, que criam o projeto de forma combinada, com a finalidade de construir o empreendimento como ele foi visionado.

A plataforma BIM possui como objetivos principais, ter maior previsibilidade e lucratividade com os projetos (RAY CROTTY, 2012). Basicamente, a tecnologia BIM consiste na integração de todos os projetos presentes em uma construção, atendendo as seguintes áreas: arquitetura, estrutura, hidráulica, incêndio, e a elétrica. Na prática comum de utilização de *softwares* CAD, diversas equipes trabalhando de forma independente nas suas áreas, contudo, devido a integração entre os projetos que a plataforma BIM possibilita, é possível ter as equipes trabalhando de forma integrada, permitindo encontrar e corrigir erros de projeto antes de iniciar a etapa de sua execução.

Para utilização desta tecnologia deve-se haver algum *software* que atenda o conceito BIM, ou seja, que tenha a possibilidade de integração entre os diversos projetos de uma edificação, e outras características que serão abordadas durante o trabalho. Dois exemplos desse tipo de *softwares*, são Revit e QiBuilder das empresas Autodesk (AUTODESK, 2023) e AltoQi (ALTOQI, 2023), respectivamente. Para este trabalho, o Revit será empregado para o desenvolvimento do estudo de caso. Esse *software* possui acesso gratuito para estudantes, o que o torna mais amplamente utilizado.

Os projetos elétricos que utilizam do sistema convencional para a distribuição da energia elétrica, também podem empregar BIM, porém, tem sido mais comum a utilização de barramentos blindados associada com a tecnologia BIM para a parte de projeto. Por isso, seguindo a tendência do mercado, diversas empresas do setor de projetos na região de Itajaí estão cada vez mais buscando novas soluções e tecnologias no desenvolvimento de projetos elétricos. A empresa Atribi Projetos Ltda é um exemplo disso. Alguns autores de trabalhos acadêmicos também se mostram

interessados em estudar e compreender as novas tecnologias para instalações elétricas, como é o caso de Bruno Leonardo Schmitz Zimmermann (ZIMMERMANN, 2019), e Emily Almeida Beltrão (BELTRÃO, 2015).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar as tecnologias BIM e barramentos blindados, no contexto de projetos elétricos em baixa tensão para edifícios de uso coletivo. Para isso, será feito um estudo de caso para ilustrar a aplicação dessas tecnologias em um projeto elétrico real. Nesse estudo, será discutido a viabilidade técnica e econômica relacionada ao emprego de barramento blindado nas instalações elétricas, com a plataforma BIM servindo como ferramenta de projeto.

## **1.1 Justificativa**

Algumas das vantagens da utilização do barramento blindado, quando comparado ao sistema convencional por cabos são: desperdício próximo de zero de materiais, menor tempo de instalação, maior segurança contra impacto e acesso à parte energizada, manutenção simplificada e livre de componentes tóxicos quando queimados (KRUGER, 2022). Contudo, apesar de ser uma tecnologia bastante vantajosa e empregada, não há uma quantidade de trabalhos significativos para estudo do tema. O mesmo ocorre com a plataforma BIM, apesar desta tecnologia ser conhecida mundialmente, no Brasil esta plataforma começou a ganhar notoriedade apenas nos últimos anos, quando empresas de grande porte começaram a utilizá-la, e que agora, empresas de médio e pequeno porte já utilizam também.

Visando contribuir acerca do tema sobre tecnologias novas empregadas em projetos elétricos de instalações de baixa tensão, este trabalho apresenta um estudo de caso para elucidar as características sobre as ambas tecnologias, a partir de uma análise que trará esclarecimentos tanto de ordem prática quanto de orientações normativas.

## **1.2 Definição do Problema**

Alguns aspectos devem ser analisados sobre o emprego de barramentos blindados, como por exemplo, a viabilidade técnica e econômica na sua implantação, as diferenças quando comparado ao sistema convencional, e como fazer seu dimensionamento. O mesmo ocorre com a plataforma BIM, sendo que os aspectos

que necessitam de estudo, são: a implicação do uso da BIM, quais os *softwares* suportam o seu uso, e qual a vantagem principal para o desenvolvimento de projetos.

Diante do exposto, e dada a relevância do uso dessas duas tecnologias em projetos elétricos no mercado atual, como seria uma aplicação dessas tecnologias em um caso prático de projeto para um edifício?

### **1.3 Objetivos**

O objetivo geral do trabalho é apresentar as tecnologias de barramento blindado e BIM, na área de projetos de instalações elétricas e aplicá-las em um estudo de caso. Para atingir esse objetivo principal, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos.

#### **1.3.1 Objetivos específicos**

- a) Conhecer e analisar o sistema de distribuição de energia convencional e com barramento blindado;
- b) Dimensionar o sistema de barramento blindado;
- c) Comparar a viabilidade técnica e econômica entre o sistema de distribuição convencional e com barramento blindado, identificando vantagens e desvantagens de ambos sistemas;
- d) Conhecer os conceitos, usos e benefícios da plataforma BIM;
- e) Aplicar a plataforma BIM para modelagem e compatibilização de um projeto de instalações elétricas;
- f) Analisar os resultados encontrados e as vantagens da utilização da plataforma BIM.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistema de Distribuição de Energia Convencional

O sistema de distribuição de energia em baixa tensão mais consolidado atualmente é o sistema convencional, que se caracteriza por distribuir a energia elétrica através de cabos condutores. A norma NBR 5410 (2004) afirma que a baixa tensão é caracterizada por circuitos elétricos com tensão igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada, ou 1500 V em corrente contínua. Tal sistema começa no Quadro de Distribuição Geral (QDG), o qual irá distribuir a energia para as cargas da edificação, através dos cabos condutores.

Como este sistema já é bastante difundido no mercado, existe mão de obra qualificada e acessível para sua implantação, a qual caracteriza-se como uma de suas vantagens. Outras vantagens desse sistema, é que para empreendimentos de pequeno porte ele é o mais indicado, devido a facilidade em adquirir os materiais para sua implantação e pelo seu menor preço.

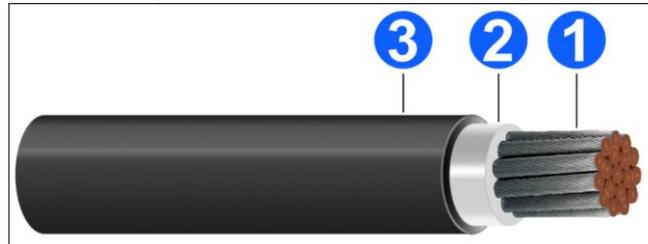
Os condutores para distribuição de energia devem possuir isolação adequada, tais como, isolação em Policloreto de vinila (PVC), Etilenopropileno (EPR) ou Polietileno reticulado (XLPE). Somente em casos específicos os condutores poderão ser utilizados nus, como por exemplo em linhas de transmissão (COTRIM, 2004). A isolação tem como função isolar eletricamente o condutor, evitando o risco de choque elétrico e curtos circuito. Os cabos ainda podem ser cobertos por uma camada invólucra, que tem como função proteger os cabos contra influências externas (PRYSMIAN, 2018).

Na Figura 1, pode-se observar as três partes que constituem o cabo, onde: 1. É a parte condutora do cabo, que nesse caso é de cobre, 2. É a própria isolação do cabo, 3. É a camada de cobertura do cabo.

O sistema convencional de distribuição pode ser dividido em dois subsistemas, a saber: medição de energia e prumada vertical, que serão vistos a seguir.

### 2.1.1 Medição de energia

Figura 1 - Exemplo de cabo usado no sistema convencional



Fonte: Induscabos (2022).

O primeiro subsistema é referente à medição de energia das unidades consumidoras que, segundo Cotrim (2008) “chama-se unidade consumidora a instalação elétrica pertencente a um único consumidor, e que recebe energia em um só ponto, com sua respectiva medição”.

Os medidores de energia elétrica devem estar localizados preferencialmente no pavimento subsolo ou térreo, o mais próximo possível da entrada principal da edificação, em locais de livre acesso, não sendo permitido em lugares fechados, sob escadaria e rampas (NT-03, 1997).

O sistema de medição contendo diversos medidores individuais agrupados em um ou mais quadros de medição, é chamada de medição agrupada, sendo que a quantidade máxima permitida de medidores reunidos em apenas um quadro é de trinta unidades (NT-03, 1997). Quanto mais unidades consumidoras uma edificação possui, maior será o espaço necessário para a medição agrupada, o que diminui a área útil da edificação.

Na Figura 2, pode-se observar um quadro de medição de 9 medidores de consumo de energia elétrica, utilizado no sistema convencional. Esse tipo de medição chama-se também de medição centralizada, onde os medidores estão reunidos em um só pavimento e geralmente no mesmo ambiente. Existe também a medição descentralizada, a qual permite que os medidores estejam agrupados em diferentes pavimentos, próximos às unidades consumidoras. Entretanto, de acordo com o Comunicado nº 26 da Celesc (2019), só será aceita a medição descentralizada em um empreendimento, se o sistema de distribuição de energia utilizado for de barramentos blindados.

**Figura 2 - Quadro para sistema de medição agrupada**



Fonte: Comandopaineis (2022).

### **2.1.2 Prumada vertical**

O segundo subsistema é a prumada vertical, ou coluna montante, que é um conjunto de circuitos protegidos por eletrodutos que atravessam os pavimentos inferiores até chegar no pavimento da unidade consumidora. As prumadas devem ser instaladas em áreas comuns, sendo proibida a sua passagem em áreas privadas e partes internas de unidades consumidoras. Ainda, todos os ramais de alimentação dessas unidades deverão ser instalados por eletrodutos independentes (NT-03, 1997).

**Figura 3 - Foto de uma prumada vertical**

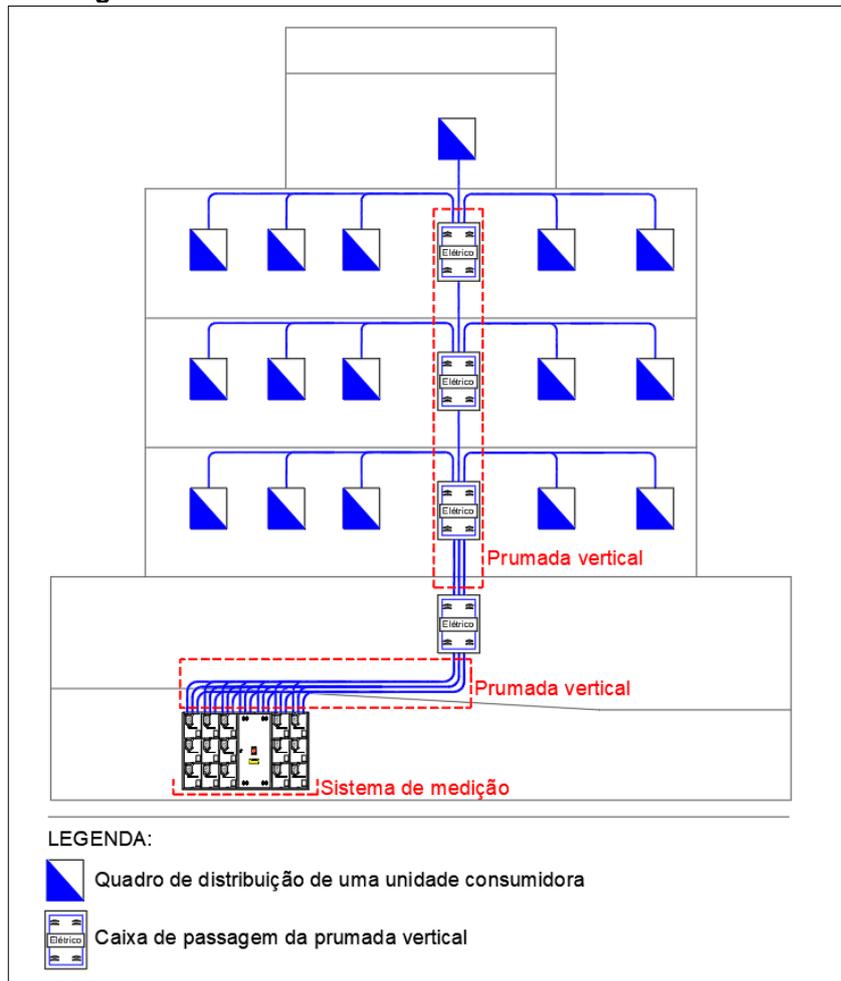


Fonte: Exclusivaengenharia (2022).

Na Figura 3, pode-se observar uma prumada vertical, onde aparecem eletrodutos rígidos em PVC na cor preta, a caixa de passagem em cinza, e os cabos das unidades consumidoras em preto e azul, atravessando a caixa de passagem e subindo para as unidades consumidoras.

Na Figura 4, tem-se um diagrama vertical de um edifício para ilustrar os dois subsistemas apresentados.

**Figura 4 - Diagrama vertical com os dois subsistemas do sistema convencional**



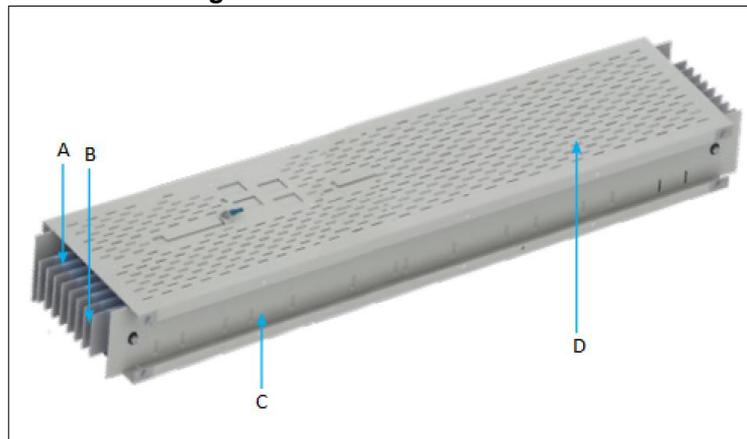
Fonte: Autor (2022).

## 2.2 Sistema de Distribuição de Energia por Barramentos Blindados

Também chamados de *busway* ou linhas pré-fabricadas, os barramentos blindados são regidos pela NBR 61439-6 (2018), que regulamenta os requisitos particulares para as linhas elétricas pré-fabricadas. Os barramentos blindados, ver Figura 5, são compostos por barras condutoras de cobre ou alumínio (B), revestidos

por isoladores (A), que são geralmente pintura a pó a base de epóxi/poliéster, fibra de vidro, fitas especiais, plásticos reforçados e cerâmicas, que tem a finalidade de ter maior isolação contra corpos estranhos, intemperismos, e evitar o processo de corrosão do material. Tem-se também a tampa em alumínio (D) para menor aquecimento e eliminação das correntes de Foucault, e um perfil em “C” (C) em aço galvanizado para dar proteção e sustentação mecânica ao barramento.

**Figura 5 - Barramento blindado**



Fonte: Adaptado de WEG (2018).

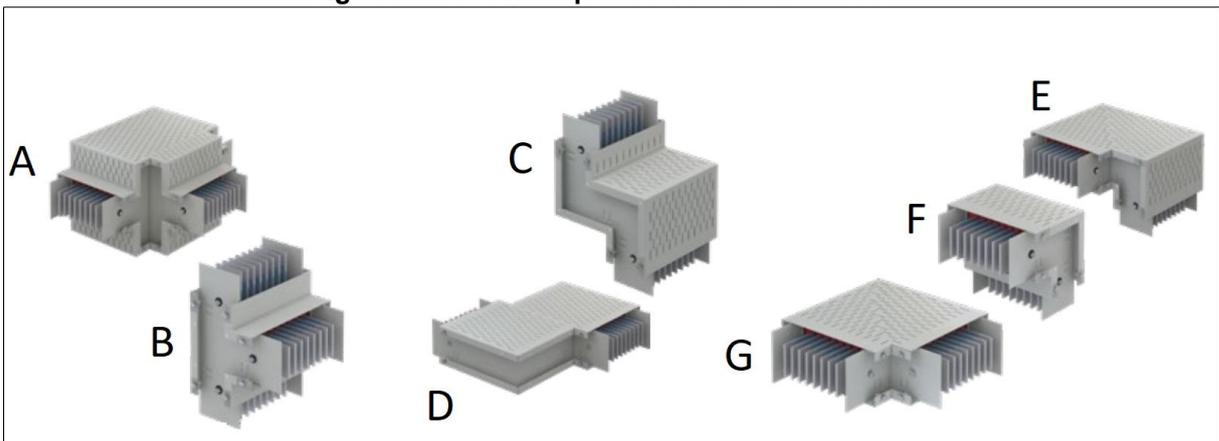
Como já mencionado, os barramentos blindados têm a função de transporte de energia elétrica, e seus modelos podem variar de acordo com a corrente nominal do projeto, tensão elétrica, aplicação, material da barra, isoladores, e suas disposições de tamanhos. Seus materiais isoladores são os principais a sofrerem melhorias para o desenvolvimento tecnológico, pois estão cada vez mais resistentes, melhorando as propriedades do produto.

A instalação do *busway* é padronizada a fim de serem rigorosamente alinhadas. Todo seu projeto é sob medida para dada aplicação, com o intuito de evitar desperdício de material. Contudo, o sistema também permite a alteração do *layout* sem desperdício de material, apenas rearranjando e reaproveitando suas peças (GIMI POGLIANO, 2022).

Caso o barramento seja utilizado em prumadas verticais, ele deve ser chumbado e parafusado em parede de concreto, não podendo se utilizar em paredes de alvenaria. Já, se utilizado em linhas horizontais, deve ter suporte semelhante a eletrocalha, com espaçamento determinado pelo fabricante.

A Figura 6 apresenta alguns elementos, tais como, T horizontal (A), T vertical (B), curva vertical (C), curva horizontal (D e G), curva vertical (C e F), curva dupla (E), que compõem o acervo de conexões do barramento blindado, cada qual utilizado quando necessário. Suas instalações permitem a mudança direcional, horizontal ou vertical, do barramento, tendo assim, uma característica de flexibilidade de adaptação ao layout da construção; conferindo uma importante característica dessa tecnologia.

**Figura 6 - Conexões para barramento blindado**



Fonte: Adaptado de WEG (2018).

### 2.2.1 Surgimento dos barramentos blindados

Já é de conhecimento que o barramento blindado teve seu início na indústria automobilística estadunidense na década de 20. De acordo com Fischmann e Bomeisel (2000), a indústria automobilística norte-americana, em 1920, caracterizava-se pelas constantes mudanças de *layout* do seu parque fabril e pela necessidade de um sistema de distribuição de energia, modular, aéreo, que pudesse ser desmontado e remontado, e que tivesse a capacidade de transmitir com segurança as correntes elétricas em média ou alta tensão. A partir de então, surgiram os barramentos blindados, um sistema de transporte de energia através de barras condutoras de eletricidade fixadas por um material isolante e anti-vibratório, agrupadas e espaçadas umas das outras dentro de um invólucro metálico aterrado (MAMEDE FILHO, 2017).

No Brasil, o barramento blindado teve seu início entre 1956 e 1961, no governo Juscelino Kubitschek, também na indústria automobilística (CUNHA, 2009).

Com o passar do tempo, o barramento blindado começou a ganhar participação no mercado de instalações elétricas de edificações residenciais e comerciais, na qual ampliou consideravelmente o mercado e oportunizou aos fabricantes desenvolverem o produto.

Assim, nos últimos 15 anos, o Brasil passou de usuário e importador para importante fabricante e exportador de barramentos blindados. Os principais importadores de barramentos blindados do Brasil são países da América Latina, como: Chile, Argentina, Peru, Uruguai e México (CUNHA, 2009).

### **2.2.2 Mercado atual**

Segundo Bomeisel (2015), os barramentos blindados vêm ganhando mais espaço no mercado da construção civil, com sua instalação fácil e trazendo economia, que são características vantajosas dessa tecnologia. Bomeisel ainda ressalta que, cerca de 60 % do mercado de instalações prediais e comerciais, na área de cobertura da concessionária de energia elétrica Ente nazionale per l'energia elettrica (Enel), distribuição de São Paulo, estão optando pelo uso de barramento blindado.

O engenheiro José Antonio Mendonça (2015), afirma que nos últimos anos o setor teve um grande crescimento, mesmo com o grande aumento do preço do cobre, as vendas de barramentos blindados foram impulsionadas, pois houve uma troca do barramento de cobre para alumínio, que tem seu preço 40 % inferior ao do cobre, mantendo as mesmas características elétricas.

O mercado da construção civil está em constante desenvolvimento, em busca de sistemas alternativos que melhorem as instalações, mais compactos e práticos, diminuindo a mão de obra e o material de instalação, trazendo maior lucratividade e competitividade às construtoras, tornando esse sistema um importante nicho para estudo e aplicação no mercado.

### **2.2.3 Elementos da prumada**

Os barramentos blindados possuem uma série de outros elementos, que vão além das próprias barras, e que são necessários para a instalação desse sistema. A seguir, serão vistos quais são esses elementos e sua funcionalidade.

### 2.2.3.1 Quadro de distribuição geral

O quadro de distribuição geral, ver Figura 7, é responsável pela entrada e distribuição de energia elétrica em uma edificação, seja ela residencial, industrial, comercial ou predial. Segundo Zimmermann (2019), algumas instalações podem possuir mais de um quadro de distribuição, entretanto, todos estes devem estar também conectados a um QDG.

A função do QDG para o sistema de barramentos blindados, é alimentar e proteger o barramento, nele são instalados disjuntores e equipamentos para essas finalidades.

**Figura 7 - Quadro de distribuição geral**



Fonte: Autor (2023).

### 2.2.3.2 Cofres de derivação

Segundo Zimmermann (2019), os cofres de derivação são utilizados para distribuir a energia nos trechos de alimentação de cargas. No caso de uma edificação, são os próprios quadros de medição de energia. Esses cofres podem ser acoplados diretamente ao barramento blindado e a uma certa distância da carga, ou diretamente

ao barramento e sob o quadro de medição. No seu interior deve ser previsto um dispositivo de manobra para desenergização, que geralmente são disjuntores em caixa moldada. Seu tamanho varia de acordo com o modelo do barramento blindado, portanto podem assumir diferentes valores.

**Figura 8 - Cofre de derivação acoplado ao barramento e anexo ao quadro de medição**



Fonte: BEGHIM (2014).

**Figura 9 - Cofre de derivação acoplado ao barramento e sob o quadro de medição**



Fonte: BEGHIM (2014).

Na Figura 8, pode-se observar o cofre de derivação acoplado diretamente ao barramento e anexo ao quadro de medição, do qual irá sair o cabeamento para alimentação do quadro de medição. Na Figura 9, tem-se a mesma conexão, porém sob o quadro de medição, o qual será alimentado por meio deste cofre. Tal acoplamento ao barramento blindado é feito por conectores tipo pinça *plug-in* e sua instalação geralmente está entre 600 mm e 1.100 mm do piso acabado, sendo que sua alocação deve dispor de mínimas condições para a total abertura da porta de acesso ao dispositivo de proteção.

### 2.2.3.3 Quadro de medição

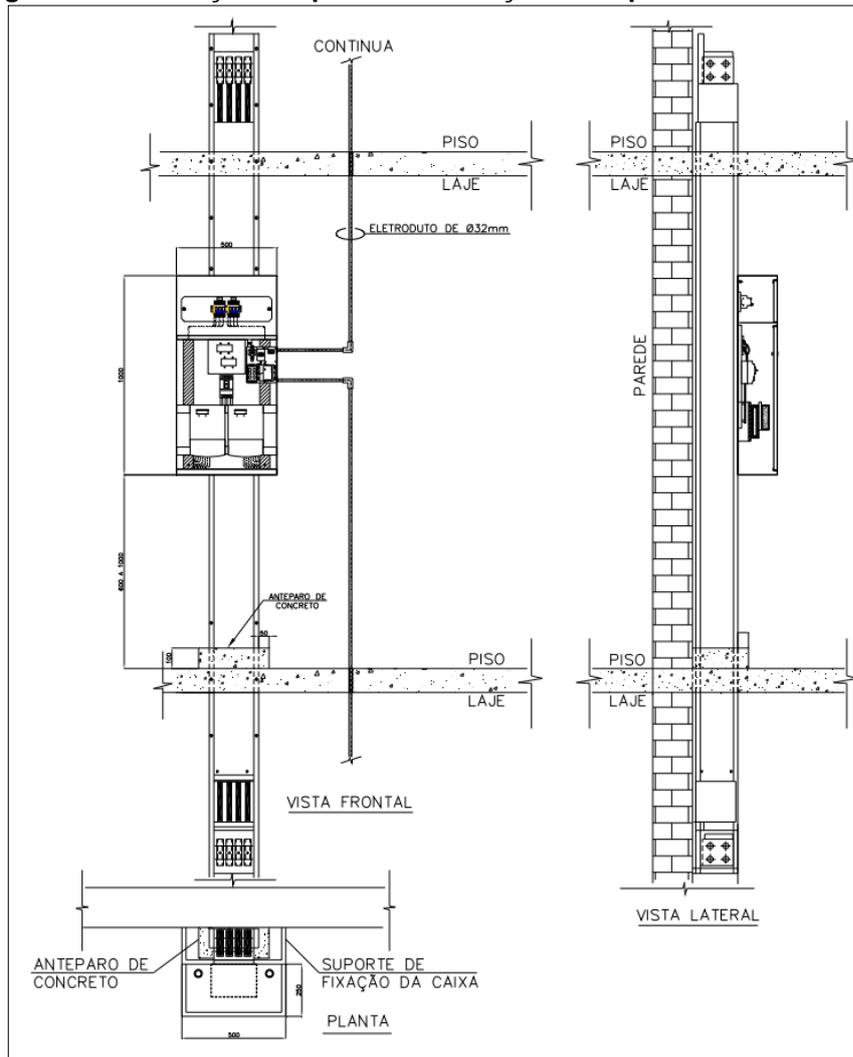
Assim como no sistema convencional de distribuição de energia, no sistema de barramento blindado há também os quadros de medições de energia para as unidades consumidoras. O sistema de medição de energia para barramentos blindados pode ser descentralizado, ou seja, a alocação do quadro de medição pode estar em diferentes pavimentos, não havendo a necessidade de estar no pavimento térreo. Geralmente esses quadros estão posicionados nos andares, ou próximos aos andares das respectivas unidades consumidoras.

De acordo com as instruções gerais da norma da Celesc E-321.0003 (2019), os quadros de medição que se situam nos andares, devem ser instalados de forma anexa ou sobreposta ao barramento blindado, alimentados exclusivamente por meio de cofre de derivação ou diretamente acoplado ao barramento. Na Figura 10, pode-se observar o quadro de medição diretamente acoplado ao barramento blindado, nesta configuração o quadro de medição tem também a função do cofre de derivação, que é fazer a própria alimentação do quadro de medição.

É responsabilidade do fabricante do quadro de medição, a adequação e montagem da pinça *plug-in*, a qual irá conectar o barramento blindado a este quadro. Deverá ser previsto ainda, um disjuntor de proteção geral, como no cofre de derivação.

Na Figura 11, tem-se o quadro de medição instalado de forma anexa ao barramento blindado, ou seja, há o acoplamento do cofre de derivação ao *busway*, e em seguida é feita a alimentação do quadro a partir do cabeamento vindo do cofre. O comprimento máximo dessa interligação de acordo com a E-321.0003 (2019) não poderá ser superior a 2 metros.

**Figura 10 - Instalação do quadro de medição sobreposta ao barramento**

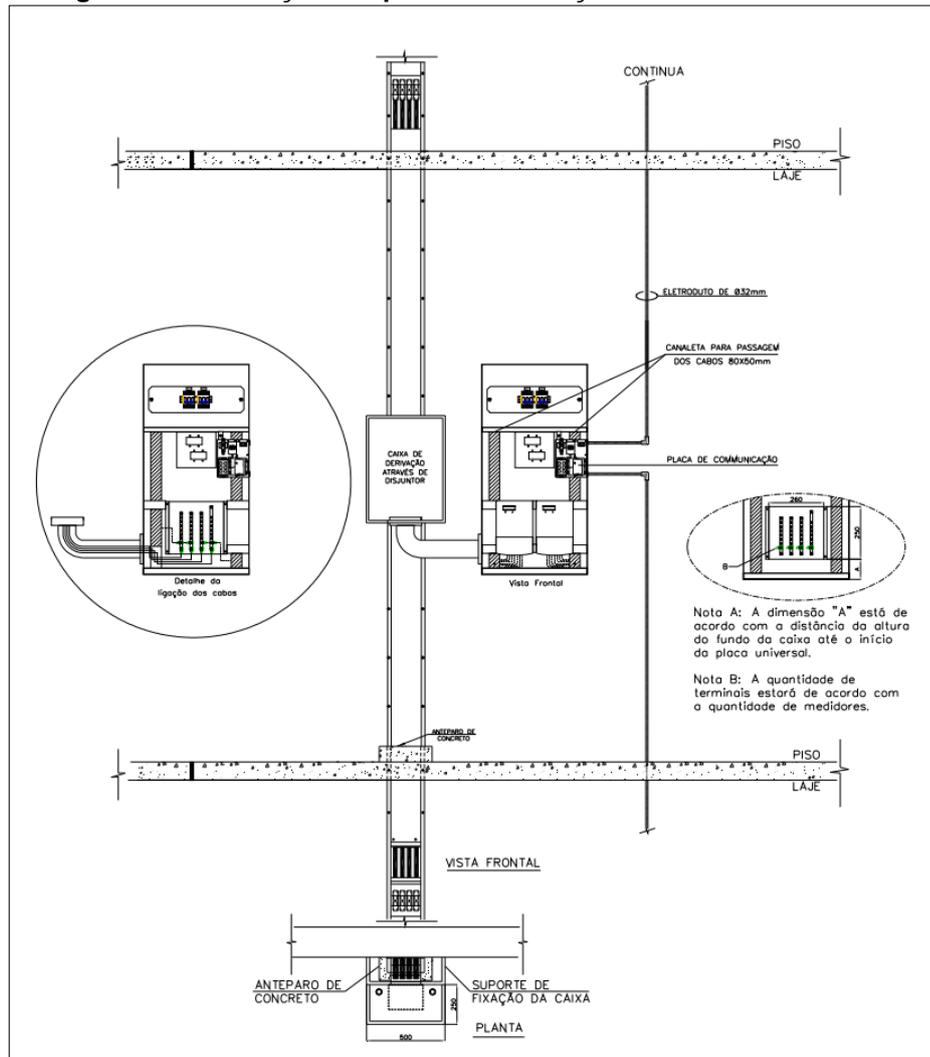


Fonte: Celesc E-321.0003 (2019).

#### 2.2.3.4 Barreira corta-fogo

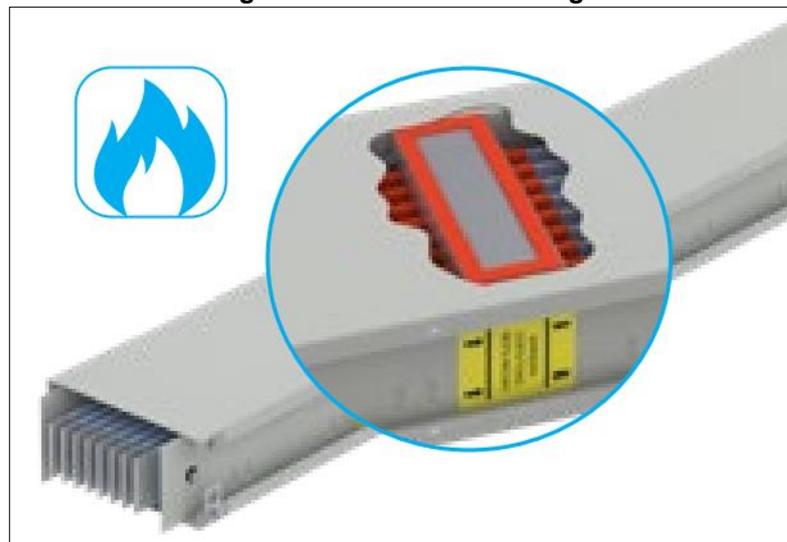
A barreira corta-fogo, ver Figura 12, têm como função fazer a proteção passiva contra incêndio de até 240 minutos. Esse sistema é interno ao barramento blindado, entre barras e entre barras e invólucro. Caso haja fogo, essa barreira manterá a classe de resistência do barramento em trechos onde atravesse paredes ou pisos, impedindo a propagação do fogo, elevadas temperaturas e gases combustíveis (WEG, 2018).

**Figura 11 - Instalação do quadro de medição anexa ao barramento**



Fonte: Celesc E-321.0003 (2019).

**Figura 12 - Barreira corta-fogo**



Fonte: WEG (2018).

## 2.2.4 Sistema de medição de energia

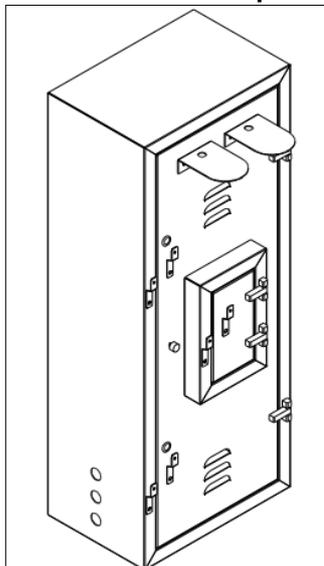
O Sistema de medição de energia descentralizado seguirá as orientações da norma E-321.0004 (2016) da Celesc, conforme os itens a seguir.

### 2.2.4.1 Caixas concentradoras

No sistema de barramento blindado são utilizados dois tipos de caixas para que se possa fazer a captação dos dados e leitura da medição das unidades consumidoras. Primeiramente, tem-se a caixa concentradora para medição local, ver Figura 13, que é destinada para acomodação dos equipamentos de dados para leitura da medição das unidades consumidoras, como por exemplo, o leitor óptico. Essa caixa deve ser instalada em local de livre e fácil acesso (Celesc I-321.0037, 2021), geralmente o mais próximo ao alinhamento do imóvel com a via pública, ou em lugares como a guarita de entrada da construção, desde que esteja situada ao lado externo do edifício.

Há também as caixas concentradoras, que são utilizadas para receber o cabeamento de comunicação da infraestrutura de rede interna do próprio empreendimento, com a finalidade de concentrar os blocos de medição, como por exemplo, quando houver quadro de medição no térreo, ou quando o empreendimento possuir mais de uma torre ou bloco (I-321.0037, 2021).

**Figura 13 - Caixa concentradora para medição local**



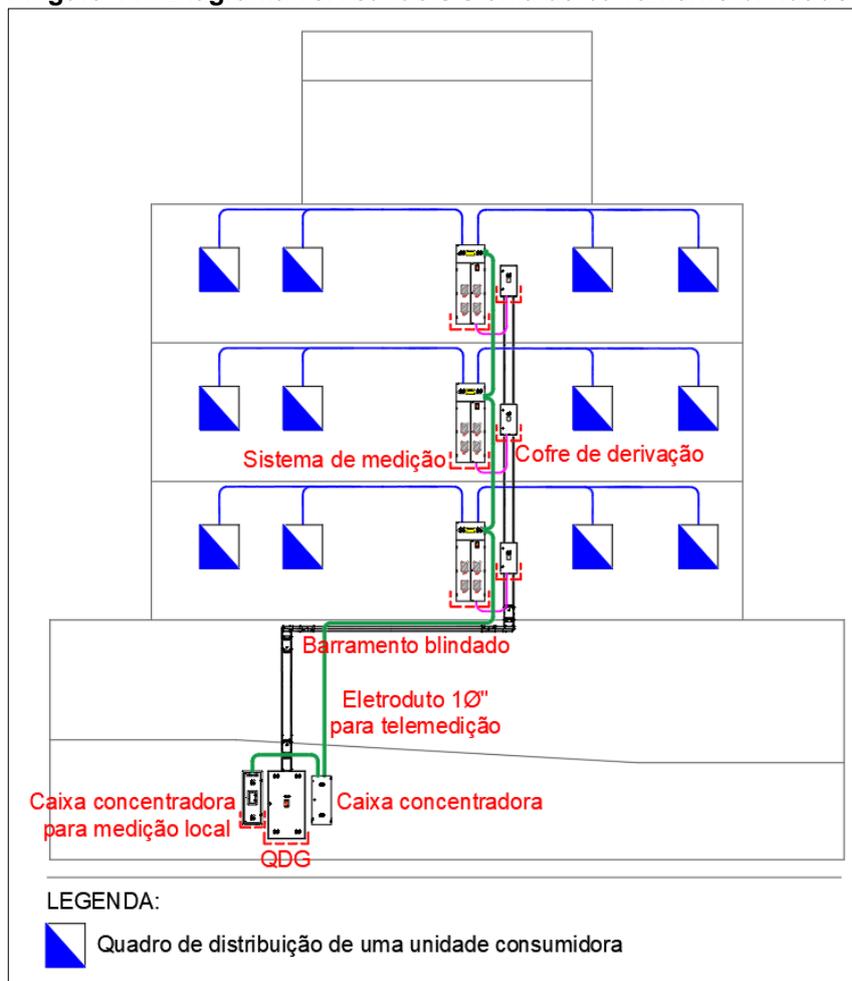
Fonte: Celesc E-321.0004 (2016).

Cada quadro de medição deve contar com uma placa de comunicação, com os equipamentos necessários para a envio do sinal de medição das unidades consumidoras. Nas Figuras 10 e 11, pode-se perceber um eletroduto de Ø32 mm passando no quadro de medição, ou seja, há uma conexão entre esses quadros até chegar no térreo e ser dirigido para a caixa concentradora, e para a caixa concentradora de medição local.

Na medição descentralizada a leitura dos dados pode ser feita tanto localmente, pela caixa concentradora para medição local, quanto remota, pois essa caixa pode contar com o equipamento chamado remota de comunicação, da qual é capaz de ler os dados dos medidores das unidades consumidoras e enviar para a plataforma própria da concessionária de energia (I-321.0037, 2021).

Abaixo tem-se a Figura 14, da qual pode-se observar os elementos do sistema de barramento blindado vistos nesta seção e nas anteriores.

**Figura 14 - Diagrama vertical do sistema de barramento blindado**



### **2.2.5 Tipos de barramentos blindados com relação ao material**

Como já mencionado, as linhas pré-fabricadas podem ser de cobre ou alumínio, contudo, os barramentos feitos a partir de alumínio têm ganhado cada vez mais espaço no mercado. Isso se deve ao fato de as técnicas de produção do material estarem em avanço, aumentando cada vez mais sua qualidade. Por ser o elemento mais abundante na crosta terrestre, seu custo é menor e mais estável.

O alumínio possui várias características que são levadas em consideração na produção dos barramentos, como maleabilidade, ductibilidade, boa resistência mecânica, alta estabilidade térmica e excelentes características como condutor elétrico. Além disso, o alumínio é cerca de 70 % mais leve que o cobre, facilitando o manuseio, sendo assim, os barramentos blindados geralmente são formados por barras condutoras de alumínio (CUNHA, 2009).

## **2.3 Building Information Modeling - BIM**

A plataforma BIM vem ganhando cada vez mais enfoque e visibilidade nas áreas que envolvem gestão, engenharia e arquitetura. Tal plataforma possui diversas definições na literatura, e uma definição mais abrangente pode-se dizer, segundo Ernstrom (2006), que a plataforma BIM é o desenvolvimento e uso de um modelo de programa de computador para simular a construção e a operação de um empreendimento. Tal tecnologia utiliza-se de um conceito inteligente em uma construção digital onde pode-se gerar informações que possam ser usadas para tomar decisões e melhorar o processo de construção.

Devido ao grande crescimento da construção civil no Brasil, tem-se exigido das construtoras obras rápidas e de baixo custo, a fim de se manterem no mercado e aumentar suas lucratividades. Para isso é fundamental reduzir erros e retrabalhos durante a execução do projeto. Erros de incompatibilidade e dificuldade de compreensão dos projetos por parte dos executores, podem acarretar em menor lucratividade para as construtoras.

Uma das maiores vantagens da utilização da BIM é referente a compatibilização de projetos. A compatibilização visa atingir integração entre todos os projetos antes da fase de execução. Alguns autores, como Melhado et al. (2005), defendem que a compatibilização deve ocorrer após a concepção dos projetos,

funcionando como uma análise mais cuidadosa e fina. Outros autores, como Rodríguez e Heineck (2003), defendem que a compatibilização é uma tarefa a ser desenvolvida durante o processo de produção do projeto, ou seja, em todas as etapas, desde os estudos preliminares ao projeto final para a execução da obra em si.

O BIM engloba informações relevantes para as diversas etapas do processo de desenvolvimento do trabalho, o que possibilita que diversas análises sejam feitas ainda na fase de projetos, sendo isto, um dos objetivos principais da plataforma. A antecipação de problemas e incoerências técnicas traz melhorias nas soluções tomadas, e ainda, se reduz os custos com correções desnecessárias. É a partir de um modelo em 3 dimensões que é possível visualizar o empreendimento e tomar decisões para realizar a compatibilização dos projetos antecipadamente.

Na execução de obras é frequentemente notado pontos de conflitos entre outras disciplinas de um mesmo projeto, pois segundo Beltrão (2015) “no Brasil, existe uma cultura de priorização da fase de construção, colocando o projeto em segundo plano”, e como consequência, muitas das vezes não haverá mais tempo hábil para avaliar a melhor solução para determinado problema, levando o empreendimento a ter prejuízos que poderiam ser evitados previamente. Portanto, nesse contexto observa-se a importância do processo de desenvolvimento de um projeto utilizando a plataforma BIM.

No padrão tradicional de projeto, as informações são apresentadas através de modelos em duas dimensões distribuídos em várias pranchas. Contudo, já é sabido que tal modelo possui grandes deficiências, pois muitas das vezes não há convergência dos vários projetistas, o que frequentemente gera problemas imperceptíveis na fase projetual. A coordenação do processo na parte de projeto é de vital importância, e para tanto, a plataforma BIM traz uma solução onde pode-se compartilhar, organizar e armazenar dados entre todos os projetistas de forma que todos possam convergir e tomar decisões mais assertivas nos seus projetos.

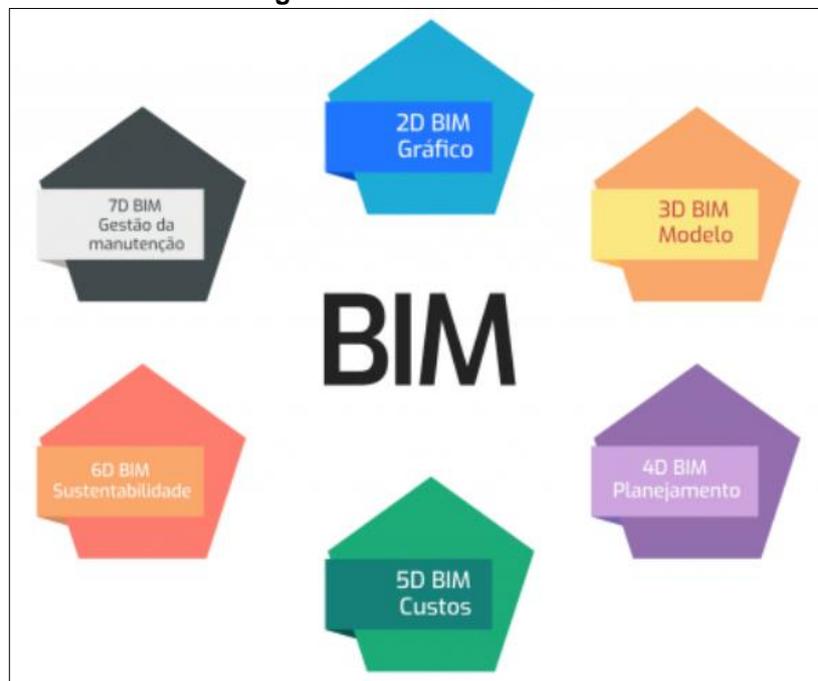
A plataforma BIM ainda possibilita extrair várias outras informações do empreendimento, como relatórios quantitativos, prazos, pesos, resistência de materiais, planilhas de orçamento e entre outros aspectos.

### 2.3.1 Dimensões da plataforma BIM

Como já comentado anteriormente, a plataforma BIM vai além de um modelo tridimensional em um *software*, há outras dimensões envolvidas em todo o seu conceito. Essas dimensões se referem as fases de desenvolvimento de um projeto, cada fase acrescenta novas informações, desde os custos até o tempo envolvido, tendo como resultado uma melhor compreensão da construção de forma integral.

As chamadas dimensões, ou também camadas, podem variar de acordo com o contexto da utilização da BIM, e segundo Neil Calvert (2013), pode-se classificar as 7 principais dimensões da BIM, segundo a Figura 15.

Figura 15 - Dimensões BIM



Fonte: Orcafascio (2022).

- 2D Gráfico - A dimensão 2D é a dimensão mais básica, é nela que são representados os planos do projeto, plantas baixas, vistas e entre outros aspectos. Tal dimensão é presente em *softwares* CAD.

- 3D Modelo - A dimensão 3D, como o próprio nome diz, é o modelo em 3 dimensões do projeto, tal dimensão é responsável por tornar o modelo de uma planta baixa em um modelo 3D. Toda a construção toma proporção real em um ambiente virtual, é a

imagem mais próxima do produto final possível. Aqui estão todos os elementos de um projeto, dentre eles: paredes, esquadrias, tubulações, móveis, equipamentos elétricos e etc.

Também é fundamental mencionar que nesta dimensão é feita toda a parte de compatibilização do projeto, análises de interferências e busca por novas soluções, a fim de poder seguir a próxima fase da construção.

- 4D Planejamento - Esta dimensão refere-se ao cronograma de execução da obra, ou seja, adiciona-se o tempo no desenvolvimento do projeto. É de fundamental importância que prazos sejam cumpridos, pois um planejamento falho ou a inexistência de um, poderá resultar em atrasado e/ou aumento de custos (GARIBALDI, 2020).

Todos os elementos gerados graficamente na dimensão 3D podem ser ligados ao cronograma da obra, portanto, é possível visualizar todas as etapas de construção em um ambiente virtual, como se fosse uma simulação. É a partir dessa dimensão que se tem o controle sobre o desenvolvimento da obra, como por exemplo definir quando cada elemento será comprado e instalado.

- 5D Custos - A dimensão 5D é relativa ao orçamento/custos da obra, todos os elementos inseridos no modelo 3D do projeto são parametrizáveis, onde tal elemento é vinculado a uma base de dados de seu custo. Elementos como: janelas, tomadas, portas, paredes e entre outros, podem ser quantificados e precificados, sendo possível fazer o planejamento e gerenciamento da obra. Qualquer mudança feita no projeto irá gerar automaticamente um novo quantitativo de materiais e conseqüentemente um novo orçamento, isso permite avaliar opções de itens que poderão ser utilizados na execução da obra de forma rápida e extremamente precisa (DARÓS, 2021).

O principal objetivo desta dimensão é a racionalização de recursos, a fim de evitar o desperdício de materiais, uma maneira de se fazer gestão financeira de forma inteligente e segura.

- 6D Sustentabilidade - Essa dimensão permite fazer análise de soluções sustentáveis para inúmeros aspectos, alguns deles são: consumo de energia, desempenho acústico, análise de luminosidade, reutilização da água, conforto térmico e etc. A cada dia que passa o tema de sustentabilidade fica mais em foco, portanto, tem-se uma

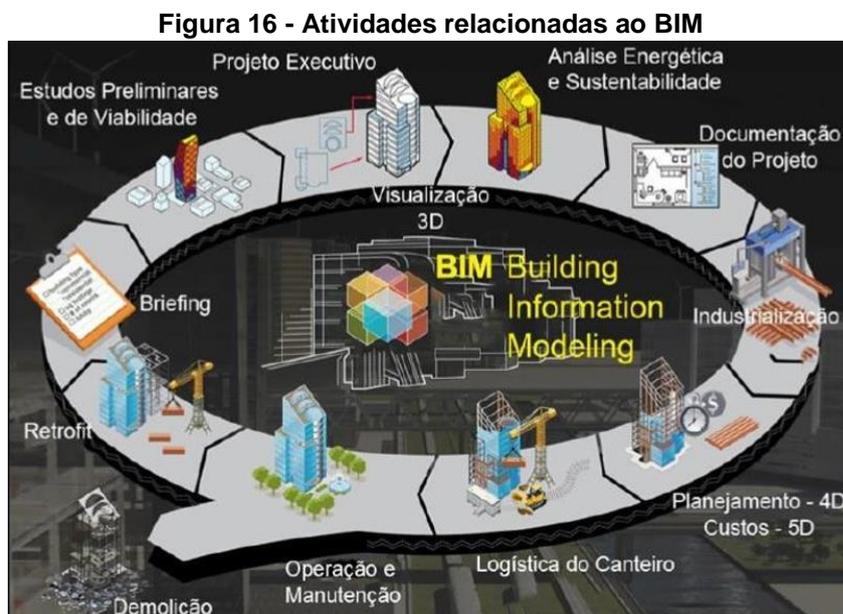
exigência maior advinda dos clientes, deixando de ser apenas um diferencial de um empreendimento (GONZAGA, 2021).

O 6D tem a ver com a economia de recursos financeiros na fase de construção e após a conclusão da construção, dentre alguns exemplos desta dimensão estão o uso de placas fotovoltaicas para a produção de energia e o posicionamento de janelas em um ambiente para uma melhor ventilação e diminuição do consumo de energia elétrica.

- 7D Gestão da manutenção – Segundo o site DeskGraphics (2021), O 7D BIM é concernente a gestão da edificação durante seu ciclo de vida, é através dessa dimensão que é possível fazer a gestão de itens, por meio de um levantamento e rastreamento, como: plano de manutenção de sistemas elétricos e hidráulicos, manuais de operação, garantias, cronograma de reposição de peças e etc.

A falta de cuidado após a conclusão das obras pode gerar inúmeros inconvenientes, das quais vão de manifestações patológicas dos imóveis até o não funcionamento de equipamentos necessários. Sendo assim, há cada vez mais uma exigência, de proprietário e gestores, de diferentes áreas de empreendimento, que seus projetos sejam feitos em BIM.

Na Figura 16, a seguir, pode-se observar algumas das diversas funcionalidades e dimensões da plataforma BIM vistas até aqui, em um ciclo de produção.



Fonte: ignisengenharia (2022).

### 2.3.2 Concepção da BIM e sua situação atual no Brasil

A plataforma BIM teve sua concepção na década de 70 nos Estados Unidos da América, contudo foi a partir anos 2000, que esse novo modelo de processo, tanto de projetos como de construção, começou a ganhar notoriedade. E em apenas seis anos depois, esse modelo tornou-se obrigatório em todos os projetos em âmbito federal, salvo projetos de edifícios militares.

No Brasil, alguns autores e entidades descrevem a situação desse novo modelo, como por exemplo, segundo o CBIC (2016), o uso da tecnologia BIM no Brasil encontra-se ainda em fase inicial. Manzione (2013) julga que a adoção da BIM no Brasil tem sido lenta, e que apesar da evidente vantagem, todo o potencial do uso desse modelo ainda não é utilizado de forma integral. De acordo com Delatorre (2011), tal efeito dá-se pela falta de mão de obra especializada e a não adaptação das ferramentas e metodologias no mercado de trabalho, o que gera como resultado que cada empresa crie seus próprios mecanismos e processos.

Uma das barreiras observadas por Rodrigues (2018), é que o mercado de trabalho enxerga o BIM como sendo apenas uma inovação tecnológica de *software*, onde as pessoas tendem a usar a plataforma BIM apenas como uma substituição desse *software*, como por exemplo, profissionais de arquitetura e engenharia trocaram os *softwares* CAD por Revit.

Mesmo que recente, é possível notar a mudança no cenário brasileiro, que buscando seguir as tendências mundiais, estabeleceu dois decretos, o nº 9.983 em 22 de agosto de 2019 e o nº 10.306 em 2 de abril de 2020. O primeiro decreto tem como finalidade designar a estratégia nacional de implementação BIM, baseada na estratégia do Reino Unido, da qual estão dentre seus objetivos: estimular a capacitação em BIM, criar condições favoráveis para o investimento público e privado, desenvolver a plataforma e a biblioteca Nacional BIM, incentivar a concorrência no mercado e difundir o BIM e os seus benefícios.

O decreto de nº 10.306 estabeleceu a utilização da BIM na execução de obras e serviços realizada pelos órgãos públicos e entidades de administração pública federal. Tal decreto foi dividido em 3 fases, a primeira fase teve seu início em 1º de janeiro de 2021 e estabeleceu-se que nos projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulicos, instalações de aquecimento, ventilação, ar condicionado e instalações elétricas, em projetos de arquitetura e engenharia referentes a construções novas,

reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação da tecnologia, deverá ser utilizada a plataforma BIM no desenvolvimento destes projetos.

A fase 2 será a partir de 1º de janeiro de 2024, e deverá ser utilizada a plataforma BIM em projetos de arquitetura e engenharia, também referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, todavia, quando consideradas de média ou grande relevância para a disseminação da tecnologia. A terceira fase será a partir de 1º de janeiro de 2028 e contará com as mesmas características da segunda fase, porém a BIM deverá ser utilizada também após a construção do empreendimento.

Com a implementação completa da BIM até 2028, será possível fazer a detecção de interferências entre as diversas disciplinas, de modo a compatibilizá-las, extrair quantitativos, gerar documentos gráficos, orçamentação, planejamento, controle na execução de obras, gerenciamento e manutenção do empreendimento após a construção.

Em linhas gerais é notável o esforço feito pelo estado em disseminar essa tecnologia. De mesmo modo é possível perceber que os escritórios de arquitetura e engenharia estão avançando nesse modelo, mesmo que em sua maioria não utilizem de todas as dimensões que envolve a BIM. Portanto, há uma perspectiva promissora quanto a disseminação e implementação da BIM no Brasil.

### **2.3.3 Software de plataforma BIM – Autodesk Revit**

O Revit é um programa da Autodesk, que segundo o *site* BibLus (2022), é considerado o segundo *software* BIM mais utilizado no mercado. Por meio desse *software* é possível unir em um só lugar os diversos projetos de uma obra, onde os projetistas envolvidos poderão ter uma visão global do desenvolvimento de todos os projetos. Este programa apresenta diversos recursos para melhorar a experiência com o usuário, como por exemplo a ferramenta de perspectiva, da qual permite visualizar e editar elementos de um modelo em 3D, e a partir disto os colaboradores envolvidos terão uma visão real de como o projeto ficará quando executado.

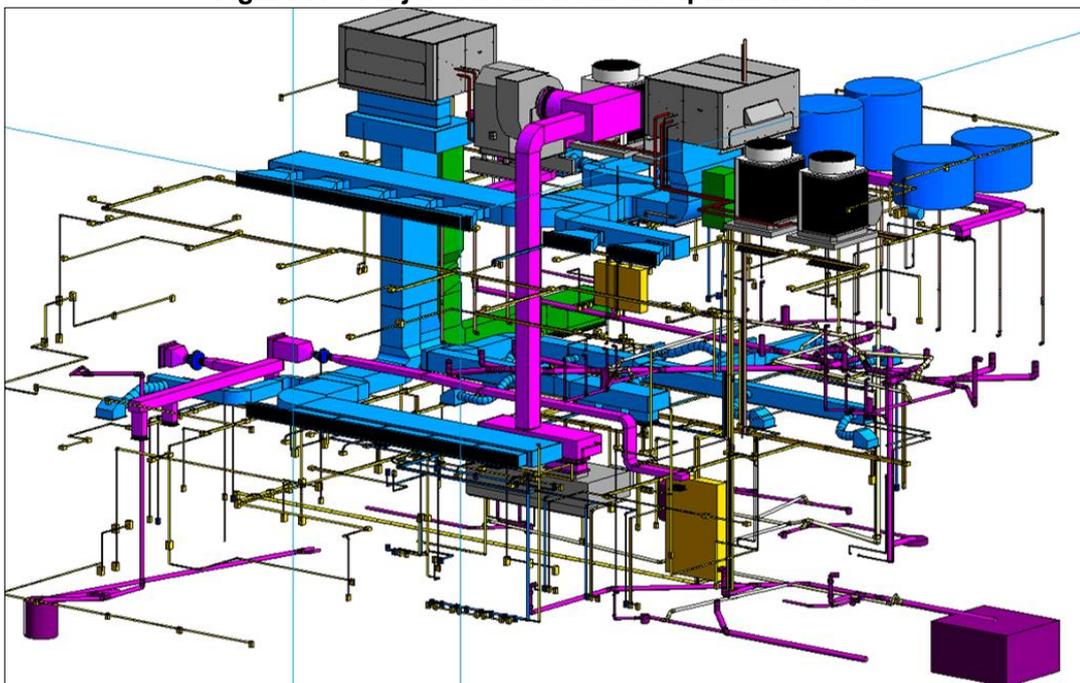
Também é possível fazer a integração do Revit com outros programas, da qual pode melhorar alguns processos e ferramentas que são disponíveis no *software*. Além disso é possível trabalhar no Revit com arquivos que possuem extensões

diferentes, como por exemplo os arquivos *Industry Foundation Classe* (IFC), da qual é utilizado para armazenar conteúdo de construção e instalação de objetos de design digital, vindos de outros *softwares*.

O Revit ainda oferece recursos de renderização, modelos realistas com sombreado e iluminação, consta com uma rica biblioteca de materiais pré-definidos, é possível conceber estimativas de custos, monitorar desempenho e vida útil do projeto e da construção, e entre outros aspectos, Autodesk (2022).

O contato com este *software* foi feito no período de estágio obrigatório, a qual foi possível aprender várias das ferramentas disponíveis no programa. A Autodesk também disponibiliza versão para estudante, da qual supre as necessidades para o projeto do estudo de caso, o que motivou a escolha do programa. A versão que será utilizada será o Revit 2020. Na Figura 17, pode-se perceber algumas disciplinas envolvidas em um projeto, como por exemplo em azul claro o projeto de climatização, em roxo e azul escuro o projeto hidráulico e sanitário, e em amarelo o projeto elétrico.

**Figura 17 - Projetos de diversas disciplinas no Revit**



Fonte: Kemp (2022).

### 3 METODOLOGIA

O trabalho propõe a realização de um estudo de caso visando atingir os objetivos iniciais do trabalho, como por exemplo, expor as características de ambas tecnologias. Primeiramente, será realizada a aplicação da tecnologia de barramento blindado no estudo de caso, e posteriormente, será feita a análise de sua viabilidade em relação ao sistema convencional, tanto técnica quanto econômica.

A viabilidade técnica será feita a partir do estudo de espaço utilizado por cada elemento do respectivo sistema, e a queda de tensão. A viabilidade econômica será feita por meio de comparações de custos de materiais e mão de obra.

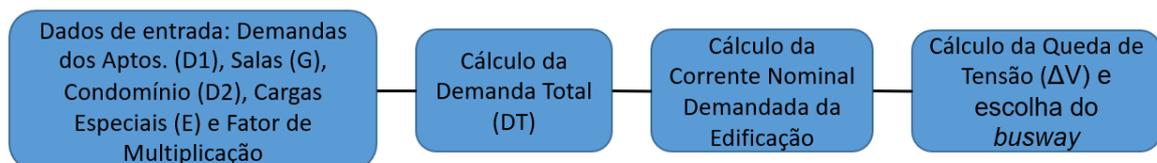
A aplicação da BIM no estudo de caso, será feita a partir da demonstração da sua utilização através da modelagem e compatibilização de projetos, empregando o *software* Revit 2020.

#### 3.1 Fluxogramas da Metodologia

A seguir, apresenta-se o Fluxograma 1, com as etapas realizadas somente para o dimensionamento do sistema de barramento blindado.

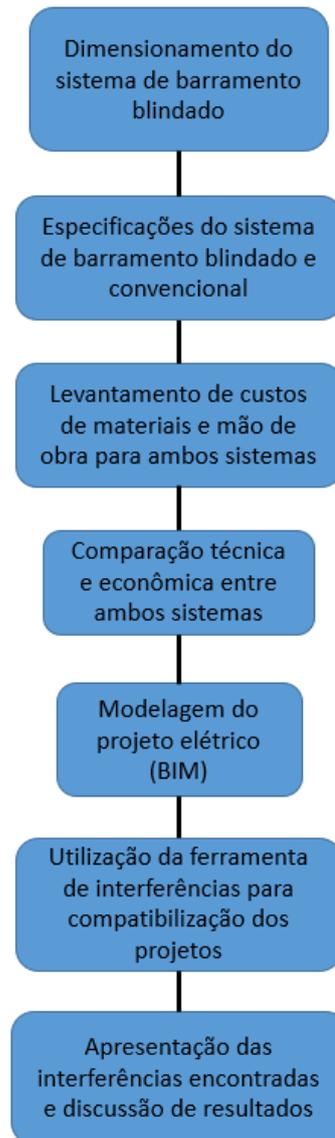
Adiante, apresenta-se o Fluxograma 2, com as etapas de aplicação de ambas tecnologias no estudo de caso. Tendo início com o dimensionamento do sistema de barramento blindado, até sua comparação técnica e econômica com a tecnologia convencional. E em seguida, tem-se a modelagem, compatibilização e discussão dos resultados encontrados da aplicação da BIM.

**Fluxograma 1 - Exposição da metodologia para o dimensionamento do barramento blindado para um projeto elétrico**



Fonte: Autor (2023).

**Fluxograma 2 - Exposição da metodologia para aplicação de ambas tecnologias para um projeto elétrico**



Fonte: Autor (2023).

### 3.2 Questionário Avaliativo sobre BIM

A metodologia deste trabalho também se utiliza de questionário aplicado à usuários da BIM, como forma de pesquisa sobre a referida tecnologia. Esta é caracterizada por ser uma pesquisa quantitativa, que segundo Malhotra (2006), tem o objetivo de quantificar os dados e generalizar os resultados da amostra para a população-alvo. Ainda de acordo com Malhotra (2006), tal pesquisa deve-se ter um grande número de casos representativos para amostra, contudo, por se tratar de um nicho muito específico e dificultoso para adquirir grande quantidade de dados, o número de amostras será reduzido.

Para escolha da técnica da coleta de dados levou-se em consideração o estudo de Ribeiro (2008), que destaca os pontos fortes e fracos de cada técnica. Portanto inferiu-se que para esta aplicação, a coleta de dados mais recomendada fosse através de questionário.

Este questionário tem como objetivo corroborar com o trabalho, trazendo uma perspectiva de profissionais da área, sobre a tecnologia. O questionário possui doze questões de múltipla escolha, as quais são referentes a sua usabilidade, praticidade, e eficiência, em projetos de instalações elétricas de baixa tensão para edifícios.

Os participantes do questionário foram definidos como profissionais que trabalham com a plataforma BIM, com pelo menos 2 anos de experiência. Esses profissionais atuam tanto no desenvolvimento de projetos, quanto em obras. Para isso, propôs-se o recrutamento de 5 participantes para responder o questionário. O local definido para realização do questionário foi em um escritório de engenharia (ATRIBI PROJETOS, 2022). É necessário mencionar que a utilização deste local foi previamente autorizada por meio de conversas com o proprietário da empresa.

Salienta-se que o autor deste trabalho não participou da realização do questionário, para evitar conflitos de interesse.

### 3.3 Cálculo de Demanda

A demanda de uma instalação refere-se à potência solicitada considerando uma parcela da carga instalada durante um intervalo de tempo (NT-03, 1997). Para este cálculo será considerado o item 5 da norma NT-03, a qual apresenta as equações para valores mínimos que devem ser considerados na demanda total de uma edificação.

Para o cálculo da demanda total tem-se a Equação 1:

$$DT = 1,2 \times (D1 + D2) + E + G \quad (1)$$

Sendo:

$$D1 = F \times A$$

$$D2 = (B + C + D)$$

Onde:

$DT$  = Demanda Total (VA)

$D1$  = Demanda dos Aptos. Residenciais (VA)

$D2$  = Demanda do Condomínio (VA)

$A$  = Demanda por apartamento em função de sua área útil (valor tabelado)

$F$  = Fator de diversidade em função do nº de apartamentos (valor tabelado)

$B$  = Demanda referente a iluminação das áreas comuns (VA)

$C$  = Demanda referente às tomadas de corrente das áreas comuns (VA)

$D$  = Demanda referente aos motores elétricos (VA)

$E$  = Demanda das cargas especiais (VA)

$G$  = Demanda referente a lojas, escritórios e outros (VA)

### 3.4 Cálculo da Queda de Tensão

Para o cálculo da queda de tensão do *busway*, irá ser seguido o item 5.5.1.4 da norma Celesc E-321.0003 (2019), a qual leva em consideração a distância de cada trecho do barramento, a corrente demandada por trecho, impedância do barramento blindado, e fatores fornecidos pelos fabricantes.

Para o cálculo de queda de tensão tem-se a Equação 2:

$$\Delta V = \frac{k \times \sqrt{3} \times L \times (R_1 \cos\varphi + X_1 \sin\varphi) \times I_B}{V} \quad (2)$$

Onde:

$\Delta V$  = Queda de tensão (%);

$V$  = Tensão nominal da instalação (V);

$L$  = Comprimento do barramento blindado (m);

$I_B$  = Corrente demandada (A);

$\cos\varphi$  = Fator de potência da carga;

$\sin\varphi$  = Fator complementar ao fator de potência da carga;

$k$  = Fator de distribuição de carga (considerado = 1, carga concentrada);

$R_1$  = Resistência de fase, em corrente alternada e à temperatura de operação, do barramento blindado ( $\Omega/m$ );

$X_1$  = Reatância de fase do barramento blindado ( $\Omega/m$ ).

Pode-se simplificar as variáveis [ $\sqrt{3} \times (R_1 \cos\varphi + X_1 \sin\varphi)$ ] por  $f_K$ , sendo  $f_K$  a constante de queda de tensão do barramento blindado, que é decorrente dos dados fornecidos pelo fabricante. Assim sendo, obtém-se a Equação 3:

$$\Delta V = \frac{k \times L \times f_K \times I_B}{V} \quad (3)$$

Para o cálculo da queda de tensão para o sistema convencional será utilizada a Equação 4 (MACHADO, 2017):

$$\Delta V = \frac{100 \times \sqrt{3} \times \rho \times L_c \times I_p}{S_c \times V_L} \quad (4)$$

Onde:

$\Delta V$  = Queda de tensão (%);

$\rho$  = Resistividade elétrica do material condutor ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ );

$L_c$  = Comprimento do circuito (m)

$I_p$  = Corrente total do circuito (A)

$S_c$  = Seção do condutor ( $\text{mm}^2$ )

$V_L$  = Tensão de linha (V);

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão expostos os resultados da pesquisa por meio da apresentação, interpretação e análises a respeito das informações do estudo de caso.

A edificação proposta para estudo de caso será construída no município de Itapema em Santa Catarina, contará com 18 pavimentos, 3 pavimentos de embasamento e 15 pavimentos para apartamentos; cada pavimento deste contará com 6 apartamentos, totalizando 90. No térreo também terão 2 salas comerciais. A Figura 18 apresenta uma imagem ilustrativa da edificação.

**Figura 18 - Empreendimento do estudo de caso**



Fonte: imobiliariamoretti (2022).

O estudo de caso referente a viabilidade econômica do sistema de distribuição de energia não considerará os itens internos ao empreendimento, como os circuitos dos quadros de distribuição dos apartamentos, bem como, circuitos gerais do condomínio. Apenas serão considerados os itens referentes aos elementos dos sistemas de distribuição de energia, vistos nas seções anteriores.

Segundo a E-321.0003, há dois critérios que devem ser atendidos para que um empreendimento utilize o sistema de barramentos blindados. O primeiro sendo, as unidades consumidoras devem ter carga instalada suficiente para utilização de medidores trifásicos, e, edificações que apresentam quinze ou mais pavimentos. O primeiro critério, referente aos medidores trifásicos, é atendido, e o segundo critério, referente ao número de pavimentos, também é atendido, pois sabe-se que o empreendimento possui 18 pavimentos.

#### **4.1 Especificações de Projeto**

Nesta subseção serão apresentadas as especificações de projeto referentes a demanda total e corrente demandada da edificação, que serão utilizadas para o dimensionamento do sistema por barramento blindado.

Para o levantamento da carga total instalada nos apartamentos, foram consideradas as orientações da norma NBR 5410 (2004) e os padrões de alocação de pontos do projetista. Os 6 apartamentos possuem áreas quase iguais, o que resultou na previsão de cargas de 28,87 kW para cada apartamento.

De acordo com a tabela 8-A da NT-03, que consta no Anexo A, para o dimensionamento da entrada de energia dos apartamentos, tem-se a categoria de fornecimento C2 para todas as unidades consumidoras. Essa categoria implica na utilização do sistema trifásico em cabo 10 mm<sup>2</sup> com disjuntor geral de 40 A.

Para as salas comerciais foram previstas as cargas de 5,14 kW e 5,69 kW, respectivamente, totalizando 10,83 kW. Para o condomínio foi considerada a previsão de 66,29 kW.

O primeiro cálculo a ser feito será a demanda dos apartamentos (D1). Para este cálculo, é levado em conta a área útil do apartamento e o fator de diversificação de carga em função da quantidade de apartamentos, Anexos B e C, respectivamente.

O empreendimento conta com 6 apartamentos por pavimento, sendo dois deles de 70,00 m<sup>2</sup> (Apartamentos tipos 1 e 4), dois de 68,46 m<sup>2</sup> (Apartamentos tipos 2 e 3) e mais dois apartamentos de 69,84 m<sup>2</sup> (Apartamentos tipos 5 e 6). Contabilizando 30 apartamentos de 70,00 m<sup>2</sup>, 30 apartamentos de 68,46 m<sup>2</sup> e 30 apartamentos de 69,84 m<sup>2</sup>, total de 90 apartamentos.

Conforme os Anexos A e B, e fazendo o arredondamento das casas decimais para o valor mais próximo acima, tem-se:

- a) Apartamento tipo 1 e 4 (70,00 m<sup>2</sup>) – a demanda dos apartamentos em função da área é de 1,57 kVA. O fator de diversificação de carga em função da quantidade de apartamentos é de 23,48 para 30 apartamentos;
- b) Apartamento tipo 2 e 3 (68,46 m<sup>2</sup>) – a demanda dos apartamentos em função da área é de 1,54 kVA. O fator de diversificação de carga em função da quantidade de apartamentos é de 23,48 para 30 apartamentos;
- c) Apartamento tipo 5 e 6 (69,84 m<sup>2</sup>) – a demanda dos apartamentos em função da área é de 1,56 kVA. O fator de diversificação de carga em função da quantidade de apartamentos é de 23,48 para 30 apartamentos.

Multiplicando as demandas dos apartamentos em função de sua respectiva área, com o seu fator de diversificação, obtém-se:

- a) Apartamentos tipos 1 e 4 (70,00 m<sup>2</sup>) – 36,84 kVA;
- b) Apartamentos tipos 2 e 3 (68,46 m<sup>2</sup>) – 36,16 kVA;
- c) Apartamentos tipos 5 e 6 (69,84 m<sup>2</sup>) – 36,63 kVA

Após os cálculos destes parâmetros, de área e quantidade de unidades consumidoras, obtém-se o valor da demanda dos apartamentos (D1) de 109,65 kVA.

Para as salas comerciais (G), tem-se a previsão de carga de 10,83 kW. Será considerado o fator de demanda de 100 %, portanto tem-se 10,83 kVA de demanda das salas comerciais. Para o condomínio (D2), tem-se a previsão de carga de 66,29 kW. Considerando os itens B, C e D, e seus respectivos valores de demanda segundo o item 5 da NT-03, obtém-se o valor de 71,35 kVA. Para o estudo de caso não haverá cargas especiais, portanto, a demanda das cargas especiais (E), é zero.

De acordo com a Equação (1), deverá ser aplicado um fator mínimo de 1,2 sobre a demanda total (DT), contudo, justificado por critérios do projetista quanto ao uso simultâneo das cargas pela sazonalidade da edificação, opta-se pelo fator de 1,4. Substituindo os valores de D1, D2, E e G, na Equação (1), obtém-se o valor de demanda total (DT) de 264,23 kVA.

A seguir, nos Quadros 1 e 2, tem-se os parâmetros utilizados e os cálculos, para obtenção da demanda total (DT) e corrente demandada da edificação.

## 4.2 Especificações do Sistema de Barramento Blindado

Quadro 1 - Cálculo de demanda dos apartamentos

CÁLCULO DE DEMANDA POR ÁREA DOS APARTAMENTOS					
UNIDADE	QUANTIDADE (Unid.)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	DEMANDA POR APTO. EM FUNÇÃO DA ÁREA (kVA)	FATOR DE DIVERSIFICAÇÃO	DEMANDA PARCIAL (kVA)
Apto 1 e 4	30	70	1,57	23,48	36,84
Apto 2 e 3	30	68,46	1,54	23,48	36,16
Apto 5 e 6	30	69,84	1,56	23,48	36,63
<b>SOMA DEMANDA APTOS (D1)</b>					109,65

Fonte: Autor (2023).

Quadro 2 - Cálculo da demanda total e corrente nominal demandada da edificação

<b>DEMANDA SALAS (G)</b>	10,83 kVA
<b>DEMANDA CONDOMÍNIO (D2)</b>	71,35 kVA
<b>DEMANDA CARGAS ESPECIAIS (E)</b>	0
<b>DEMANDA TOTAL (DT) = 1,4 x (109,65 + 71,35) + 0 + 10,83</b>	264,23 kVA
<b>CORRENTE NOMINAL DEMANDADA DOS APARTAMENTOS</b>	283,29 A
<b>CORRENTE NOMINAL DEMANDADA DA EDIFICAÇÃO</b>	401,57 A

Fonte: Autor (2023).

Nas subseções seguintes estão os cálculos e as especificações de projeto para o sistema de barramento blindado.

### 4.2.1 Queda de tensão

É importante ressaltar que o dimensionamento para o sistema de barramento blindado, segundo a E-321-0003, deve ser feito desde o ponto de entrega até o último ponto de medição. O ponto de entrega, segundo a norma I-321.0039 (2018), se caracteriza pela conexão do sistema elétrico da distribuidora de energia com a própria edificação. Sendo assim, o dimensionamento não leva em consideração apenas os trechos em barramento blindado, deve-se ter em conta os trechos em barramento blindado e a entrada de energia do empreendimento, feita por cabos.

Para dar prosseguimento com o cálculo da queda de tensão, serão utilizados os dados do Quadro 3, do qual tem-se os modelos dos barramentos

blindados e as informações necessárias para o cálculo. Essas informações são fornecidas pelo fabricante WEG, o qual é um dos fabricantes certificados pela Celesc.

**Quadro 3 - Dados técnicos do barramento blindado**

Material	Tipo	IP	Modelo	Corrente Nominal (A)	Impedâncias <sup>1</sup>		
					R (mΩ/m)	X (mΩ/m)	Z (mΩ/m)
Alumínio	Barra Colada	55	UA850	850	0,0803	0,0841	0,1163
			UA1500	1500	0,0410	0,0165	0,0441
			UA1750	1750	0,0335	0,0117	0,0355
			PA800	800	0,1269	0,0255	0,1294
			PA1000	1000	0,0948	0,0192	0,0968
			PA1600	1600	0,0420	0,0110	0,0434
			PA2000	2000	0,0363	0,0086	0,0373
	PA2500	2500	0,0307	0,0101	0,0323		
	Barra Espaçada	54	CA700	700	0,0974	0,0745	0,1226
			CA800	800	0,1028	0,0913	0,1375
			CA1000	1000	0,0747	0,0643	0,0985
			CA1250	1250	0,0476	0,0454	0,0658
			CA1500	1500	0,0510	0,0463	0,0689
			CA2000	2000	0,0270	0,0255	0,0371
			CA2800	2800	0,0190	0,0173	0,0257
			CA3450	3450	0,0121	0,016	0,0201
			MA250	250	0,3417	0,1440	0,3763
			MA320	320	0,2701	0,1195	0,2953
			MA400	400	0,1601	0,0913	0,1843
			MA500	500	0,1442	0,0856	0,1677
			MA630	630	0,1025	0,0690	0,1236

Fonte: Celesc (2022).

Observando o Quadro 2, tem-se a corrente nominal demandada dos apartamentos de 283,29 A, para seleção do barramento blindado o modelo escolhido através do critério de capacidade de condução de corrente seria o modelo de 320 A. Contudo, deve-se considerar o cálculo da queda de tensão em cada trecho, a modo de não exceder o limite estabelecido pela concessionária de 2,00 % (E-321.0003, 2019). A seguir tem-se o cálculo de queda de tensão, no Quadro 4, para os barramentos de 320 A e 400 A, considerando os parâmetros fornecidos pelo fabricante e as Equações (1) e (3).

O Quadro 4 está separado em duas partes, a superior sendo a queda de tensão da entrada de energia, fiação que sai do poste até chegar no quadro de distribuição geral, e a parte inferior sendo os trechos em barramento blindado.

Na parte superior tem-se os seguintes itens referentes a entrada de energia, tensão de projeto, comprimento da fiação, demanda e corrente total, cabo utilizado, quantidade de vias por fase, e a constante de queda de tensão dos cabos, também conhecida como resistividade elétrica. Sendo assim, foi possível calcular, através da Equação (3), a queda de tensão da referida parte, resultando em cerca de 0,49 %.

**Quadro 4 - Cálculo da queda de tensão**

Cálculo de queda de tensão desde o ponto de entrega até o último consumidor												
ORIGEM	DESTINO	Tensão (V)	Comprimento do Barramento "L" (m)	Demanda (kVA)	Corrente demandada "Ib" (A)	Seção/tipo dos cabos	Qtd vias por fase	Cte. de queda cabos (V/100m/A)	Queda no trecho (V)	Queda no trecho (%)		
Poste	QDG	380	36	264,23	401,57	185(185)mm <sup>2</sup> - Cobre Iso. EPR	2	0,026	1,879	0,495		
Trechos de barramento blindado												
320A												
ORIGEM	DESTINO	Tensão (V)	Comprimento do Barramento "L" (m)	Demanda (kVA)	Corrente demandada "Ib" (A)	Fator de distribuição "K"	fk	$\Delta V(\%)$	$\Delta V(V)$	fk	$\Delta V(\%)$	$\Delta V(V)$
QDG	QM B	380	39,00	186,41	283,30	1	0,04480	1,303	4,950	0,02938	0,854	3,246
QM B	QM C	380	9,20	157,67	239,62	1	0,04480	0,260	0,988	0,02938	0,170	0,648
QM C	QM D	380	9,20	126,07	191,60	1	0,04480	0,208	0,790	0,02938	0,136	0,518
QM D	QM E	380	9,20	88,92	135,14	1	0,04480	0,147	0,557	0,02938	0,096	0,365
QM E	QM F	380	9,20	46,06	70,00	1	0,04480	0,076	0,289	0,02938	0,050	0,189
Total												
								2,488%	9,45V	1,802%	4,97V	

Fonte: Autor (2023).

Na parte inferior tem-se os pontos de origem e destino dos trechos em barramento blindado. O *busway* tem sua origem no QDG e seu primeiro destino é o QM B, que é o primeiro quadro de medição dos pavimentos dos apartamentos. Os próximos destinos dos trechos em barramento blindado são nos quadros de medição posteriores, até alcançar o último quadro de medição. Cada trecho em barramento blindado tem-se uma demanda considerada, a qual resulta em uma corrente demandada. E utilizando a Equação (4), foi possível calcular a queda de tensão em cada trecho separadamente, e ao final fazer o somatório total, como pode ser observado no canto inferior esquerdo do Quadro.

É possível perceber no Quadro 4, por meio do cálculo da queda de tensão, que o barramento de 320 A não satisfaz a condição da queda de tensão de 2,00 %. Já o barramento de 400 A, atende o limite da queda de tensão, pois considerando os trechos da entrada de energia e em barramento blindado, observa-se o valor de queda de tensão de 1,80 %. Portanto, o barramento blindado escolhido será de 400 A da fabricante WEG, modelo MA400 barra espaçada.

Para verificar se o critério da máxima queda de tensão, segundo a NBR 5410 (2004), item 6.2.7.1 c, que determina que em qualquer ponto da instalação a queda de tensão não pode ser superior a 5 %, deve-se considerar os trechos dos quadros de medição até os respectivos quadros de distribuição das unidades consumidoras.

Para este cálculo foi utilizado o quadro de distribuição do apartamento mais longe do último quadro de medição, tendo a distância de 25,00 m. Utilizando a Equação (4), a queda de tensão calculada para essa distância é de cerca de 0,83 %. Sendo assim, a queda de tensão total do sistema, somando o trecho da entrada de energia, trecho em barramento blindado, e o trecho até o quadro de distribuição mais distante, é de 2,63 %.

Portanto, o sistema de barramento blindado atende ao critério de dimensionamento da queda de tensão até seu último trecho em barramento blindado, e o critério da máxima queda de tensão permitida, considerando o trecho do quadro de distribuição mais longe do último quadro de medição.

O trecho da ligação do barramento blindado até o quadro de medição foi desconsiderado no cálculo da queda de tensão do sistema, pois apresenta distância de aproximadamente 2,00 m, e seu resultado não é significativo.

#### 4.2.2 Espaço utilizado

A seguir, será feita a análise do espaço utilizado para alocação de cada elemento utilizado na prumada, considerando seu espaço utilizado e respeitando o projeto arquitetônico e estrutural do edifício.

Para o pavimento térreo serão alocados os seguintes elementos: QDG, uma caixa concentradora, uma caixa concentradora para medição local, um quadro para um medidor, e um quadro para quatro medidores. Para alocação destes elementos são necessários dois espaços, o primeiro com comprimento de 1,56 m e 0,25 m de largura, o segundo com comprimento de 0,38 m e 0,25 m de largura, ocupando uma área total de 0,48 m<sup>2</sup>.

Para o pavimento dos apartamentos serão alocados os seguintes elementos: quadro para 18 medidores, caixa de passagem 25x35x35 cm, barramento blindado e cofre de derivação. Para alocação destes elementos é necessário um espaço de comprimento de 2,12 m e 0,25 m de largura, ocupando uma área total de 0,53 m<sup>2</sup>. No Quadro 5, tem-se o resumo das áreas ocupadas pelos elementos da prumada em cada pavimento.

Nas Figuras 19 e 20, a seguir, tem-se a alocação dos elementos anteriormente comentados juntamente com suas medidas necessárias, no pavimento térreo e no pavimento dos apartamentos, respectivamente.

**Quadro 5 - Área ocupada pelos elementos da prumada no sistema de busway**

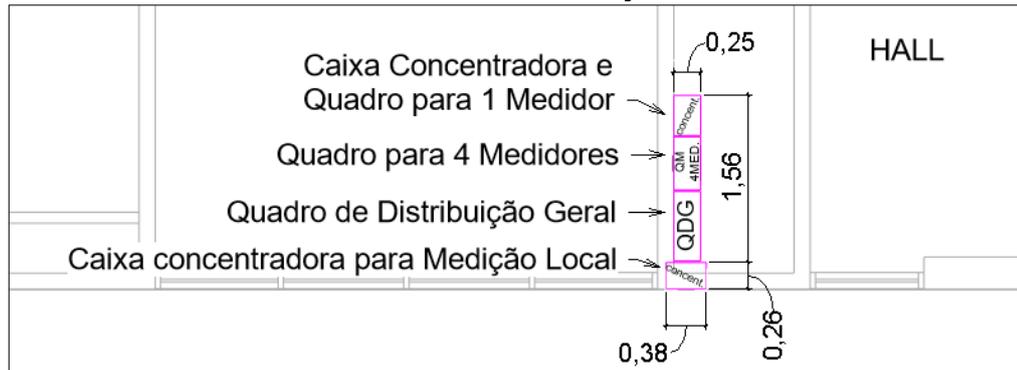
Descrição	Área ocupada (m <sup>2</sup> )
Pavimento Térreo	0,48
Pavimento dos Apartamentos	0,53

Fonte: Autor (2023).

#### 4.2.3 Custos

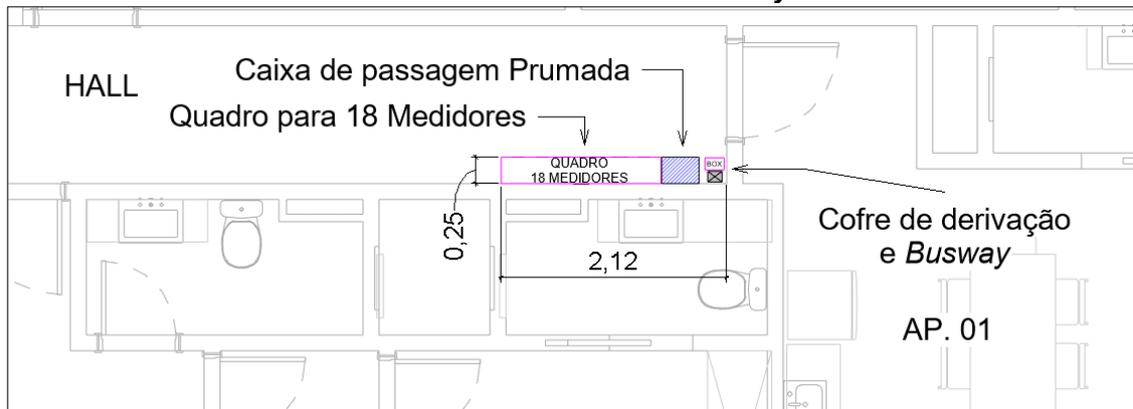
O orçamento do material utilizando o sistema de barramentos blindados foi dividido em 4 partes, primeiramente o orçamento do barramento blindado, cofre de derivação e elementos corta-fogo; em segundo o QDG, sistema de medição, caixas de passagem e caixas concentradoras; em terceiro a fiação e os eletrodutos; e em quarto o orçamento da instalação do barramento blindado.

**Figura 19 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento térreo para viabilidade do sistema de busway**



Fonte: Autor (2023).

**Figura 20 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento dos apartamentos para viabilidade do sistema de busway**



Fonte: Autor (2023).

Para o barramento blindado utilizou-se o preço de R\$ 760,00 por metro, somada com os elementos corta-fogo, necessários em cada travessia de laje, e cofre de derivação, nos valores unitário de R\$ 315,00 e R\$ 1300,00, respectivamente (WEG, 2022). O sistema de barramento blindado terá cerca de 75,80 m. Serão utilizados 18 elementos corta-fogo para travessia de laje e 5 cofres de derivação. No Quadro 6, tem-se os resultados da primeira parte do orçamento.

**Quadro 6 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 1**

Descrição	Valor total
Barramento blindado MA400	R\$ 57.608,00
Cofres de derivação	R\$ 6.500,00
Elementos corta-fogo	R\$ 5.670,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 69.778,00</b>

Fonte: Autor (2023).

Para a segunda parte, foram considerados os valores orçados pela empresa Renatec (2022). Este orçamento já está incluso o material assim como o custo da mão de obra. No Quadro 7, pode-se observar os preços dos itens comentados anteriormente junto de sua mão de obra.

**Quadro 7 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 2**

Descrição	Valor total
QDG	R\$ 8.723,26
Quadros para medidores	R\$ 57.783,27
Caixas concentradoras	R\$ 3.127,24
Caixas de passagem	R\$ 7.888,80
<b>Total:</b>	<b>R\$ 77.522,57</b>

Fonte: Autor (2023).

Na terceira parte, referente aos custos dos cabos e eletrodutos, foi concedido pela empresa Loja Elétrica (2022) e Leroy Merlin (2022), como consta no Quadro 8.

**Quadro 8 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 3**

Descrição	Valor total
Eletrodutos e Curvas PVC Rígido Ø1"	R\$ 19.019,30
Cabo 10mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 54.741,25
Cabo 50mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 3.944,25
Cabo 95mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 1.426,49
Cabo 185mm <sup>2</sup> 1kV	R\$ 37.260,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 116.391,29</b>

Fonte: Autor (2023).

Para concluir o orçamento utilizando o sistema de barramento blindado, na parte quatro, foi feito o levantamento de custo relativo à mão de obra para instalação do barramento blindado, tal orçamento foi concedido pela empresa Atribi Projetos Ltda (2022), ver Quadro 9.

**Quadro 9 - Orçamento utilizando o sistema de barramentos blindados – Parte 4**

Descrição	Valor total
Instalação do sistema de barramento blindado	R\$ 19.350,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 19.350,00</b>

Fonte: Autor (2023).

### 4.3 Especificações do Sistema Convencional de Distribuição de Energia

Nas subseções seguintes estão as especificações de projeto para o sistema convencional de distribuição de energia.

#### 4.3.1 Queda de tensão

Para o cálculo da queda de tensão para a tecnologia convencional de distribuição de energia, utilizou-se a Equação (4). Foram considerados os trechos da entrada de energia da edificação até o quadro de distribuição mais distante dos apartamentos. Tal trecho compreende o cabeamento que sai do poste e entra no QDG; cabeamento que sai do QDG e entra no quadro de 30 medidores; cabeamento que sai do quadro de 30 medidores até o quadro de distribuição mais distante dos apartamentos.

O primeiro trecho que compreende a entrada de energia tem queda de tensão de 0,49 %. O segundo trecho, distância entre o QDG e o quadro de 30 medidores, tem queda de tensão de 0,32 %. O terceiro trecho, distância entre o quadro de 30 medidores e o quadro de distribuição mais distante, tem queda de tensão de 3,84 %.

Somando-se a queda de tensão de todos os trechos comentados anteriormente, obtém-se queda de tensão total do sistema igual a 4,65 %. Segundo a NBR 5410 (2004), item 6.2.7.1 c, essa queda de tensão não deve ser superior a 5,00 %, portanto atende ao critério. Todos estes resultados podem ser observados no Quadro 10.

**Quadro 10 - Queda de tensão do sistema convencional**

Trecho	Queda de tensão (%)
Poste - QDG	0,49
QDG - Quadro de Medição	0,32
Quadro de Medição - Quadro de Distribuição	3,84
<b>Total:</b>	4,65

Fonte: Autor (2023).

### 4.3.2 Espaço utilizado

Nesta subseção, será feita a análise do espaço utilizado para alocação de cada elemento utilizado na prumada, considerando seu espaço utilizado e respeitando o projeto arquitetônico e estrutural do edifício

Para o pavimento térreo serão alocados os seguintes elementos: quadro de distribuição geral, três quadros para 30 medidores, um quadro para quatro medidores, um quadro para um medidor e uma caixa de passagem 110x100x25 cm. Para alocação destes elementos são necessários 3 espaços, o primeiro sendo com comprimento de 7,50 m e 0,20 m de largura, ocupando uma área de 1,50 m<sup>2</sup>. O segundo sendo com comprimento de 1,85 m e 0,25 m de largura, ocupando um uma área de 0,46 m<sup>2</sup>. O terceiro sendo com comprimento de 5,15 m e 0,20 m de largura, ocupando um uma área de 1,03 m<sup>2</sup>. Totalizando um espaço no térreo de 2,99 m<sup>2</sup>.

Para o pavimento dos apartamentos será alocado apenas a caixa de passagem da prumada 110x100x25 cm, que ocupa uma área de 0,27 m<sup>2</sup>. Nas Figuras 21 e 22, a seguir, tem-se a alocação dos elementos anteriormente comentados juntamente com suas medidas, no pavimento térreo e no pavimento dos apartamentos, respectivamente. No Quadro 11, tem-se o resumo das áreas ocupadas pelos elementos da prumada em cada pavimento.

**Quadro 11 - Área ocupada pelos elementos da prumada no sistema convencional**

Descrição	Área ocupada (m <sup>2</sup> )
Pavimento Térreo	2,99
Pavimento dos Apartamentos	0,27

Fonte: Autor (2023).

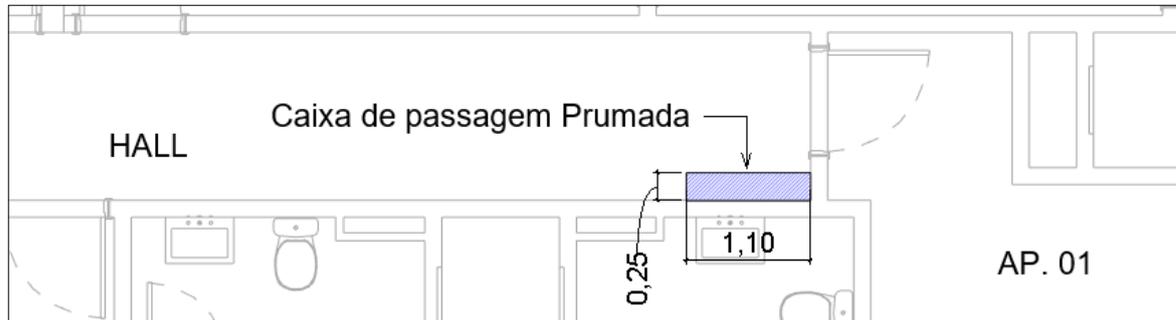
**Figura 21 - Alocação dos elementos na planta baixa do térreo para viabilidade do sistema convencional**



Fonte: Autor (2023).

### 4.3.3 Custos

**Figura 22 - Alocação dos elementos na planta baixa do pavimento dos apartamentos para viabilidade do sistema convencional**



Fonte: Autor (2023).

O sistema convencional de distribuição de energia contará com os seguintes elementos: quadro de distribuição geral, três quadros para 30 medidores, um quadro para quatro medidores, um quadro para um medidor e 20 caixas de passagem 110x100x25 cm. Este orçamento foi dividido em três partes, primeiramente o orçamento do sistema de medição, caixas de passagens e QDG; seguido da fiação e eletrodutos; e por fim o orçamento da mão de obra da instalação da prumada.

Na primeira parte, para o quadro de distribuição geral, quadros de medidores e caixas de passagem, foram considerados os custos orçados pela empresa Renatec (2022), da qual está incluso o material assim como o custo da mão de obra. A seguir, no Quadro 12, pode-se observar os preços dos respectivos itens comentados anteriormente junto de sua mão de obra.

**Quadro 12 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 1**

Descrição	Valor total
QDG	R\$ 8.723,26
Quadros para medidores	R\$ 69.160,64
Caixas de passagem	R\$ 21.538,40
<b>Total:</b>	<b>R\$ 99.422,30</b>

Fonte: Autor (2023).

Na segunda parte, referente aos cabos e eletrodutos, foram concedidos pelas empresas Loja Elétrica (2022) e Leroy Merlin (2022), como consta no Quadro 13. Para concluir o orçamento, na terceira parte, referente ao custo relativo da mão

de obra para a instalação da tubulação e passagens da fiação da prumada, foi concedido pela empresa Atribi Projetos Ltda (2022), ver Quadro 14.

**Quadro 13 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 2**

Descrição	Valor total
Eletrodutos e Curvas PVC Rígido Ø1"	R\$ 71.420,61
Eletroduto PEAD	R\$ 16.430,00
Cabo 10mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 232.174,50
Cabo 95mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 7.132,43
Cabo 120mm <sup>2</sup> 750V	R\$ 29.872,50
Cabo 185mm <sup>2</sup> 1kV	R\$ 37.260,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 404.029,84</b>

Fonte: Autor (2023).

**Quadro 14 - Orçamento utilizando o sistema convencional – Parte 3**

Descrição	Valor
Instalação da Prumada	R\$ 22.000,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 22.000,00</b>

Fonte: Autor (2023).

#### 4.4 Comparativo Econômico

Após fazer os orçamentos para ambas tecnologias, é possível fazer o comparativo. Nos Quadros 15 e 16, tem-se o custo de todas as partes orçadas, tanto no sistema convencional de distribuição de energia, quanto por barramentos blindados, e o seu respectivo custo total.

**Quadro 15 - Orçamento total utilizando o sistema de barramentos blindados**

Descrição	Valor total
Parte 1 - Barramento blindado, elementos corta-fogo e cofres de derivação	R\$ 69.778,00
Parte 2 - QDG, sistema de medição, caixas concentradoras e caixas de passagem	R\$ 77.522,57
Parte 3 - Eletrodutos e fiação	R\$ 116.391,29
Parte 4 - Instalação do barramento blindado	R\$ 19.350,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 283.041,86</b>

Fonte: Autor (2023).

Observando os orçamentos através dos Quadros 15 e 16, é perceptível a grande diferença entre valores. O orçamento do sistema de barramentos blindados resultou em R\$ 283.041,86, já o orçamento do sistema convencional resultou em R\$ 525.452,14. Sendo assim, há uma diferença de R\$ 242.410,28 a mais para a tecnologia convencional. Sendo esta, aproximadamente 86 % mais cara.

**Quadro 16 - Orçamento total utilizando o sistema convencional**

<b>Descrição</b>	<b>Valor total</b>
Parte 1 - QDG, sistema de medição e caixas de passagem	R\$ 99.422,30
Parte 2 - Eletrodutos e fiação	R\$ 404.029,84
Parte 3 - Instalação da prumada	R\$ 22.000,00
<b>Total:</b>	<b>R\$ 525.452,14</b>

Fonte: Autor (2023).

Esta diferença entre valores se deve principalmente ao custo dos itens referentes as prumadas verticais, tais eles, tubulações e fiações da entrada de energia das unidades consumidoras, caixas de passagens e o barramento blindado. Fazendo a soma dos itens referentes as prumadas verticais de ambas tecnologias, tem-se o Quadro 17, o qual é possível observar seus respectivos custos, e perceber que há a diferença de R\$ 188.706,16 a mais para o sistema convencional.

**Quadro 17 - Comparação econômica da prumada entre os sistemas de distribuição de energia**

<b>Descrição</b>	<b>Valor total</b>
Prumada Sistema Convencional	<b>R\$ 340.133,51</b>
Prumada Sistema de Barramento Blindado	<b>R\$ 151.427,35</b>

Fonte: Autor (2023).

O segundo aspecto que mais encarece o projeto utilizando a tecnologia convencional, são os elementos do sistema de medição, juntamente com seus eletrodutos e fiações. Em tal sistema, além dos quadros serem maiores, e, portanto, mais caros, requerem disjuntores e cabeamento mais robustos para sua proteção e alimentação. Fazendo a soma dos respectivos itens referentes a seu sistema de medição, tem-se o Quadro 18, o qual é possível observar seus respectivos custos, e perceber que há a diferença de R\$ 49.624,12 a mais para o sistema convencional.

Os valores relacionados a entrada de energia são iguais, pois utiliza-se dos mesmos elementos, como por exemplo os cabos e eletrodutos. Os custos relacionados a instalação de ambas tecnologias se assemelham, pois apesar da instalação do sistema de barramento blindado ser de forma mais rápida, requer mão de obra especializada.

**Quadro 18 - Comparação econômica do sistema de medição entre os sistemas de distribuição de energia**

Descrição	Valor total
Medição no Sistema Convencional	<b>R\$ 115.905,37</b>
Medição no Sistema de Barramento Blindado	<b>R\$ 66.281,25</b>

Fonte: Autor (2023).

Por conseguinte, verifica-se uma diferença considerável entre as tecnologias, economicamente falando, onde a utilização da tecnologia *busway*, torna-se mais viável.

#### 4.5 Comparativo Técnico

O primeiro ponto a ser comparado entre os sistemas, é o espaço utilizado, tanto no pavimento térreo quanto no pavimento dos apartamentos. No pavimento térreo, a tecnologia *busway* ocupa apenas 0,48 m<sup>2</sup> enquanto o sistema convencional ocupa 2,99 m<sup>2</sup>. É possível perceber que neste pavimento o sistema convencional ocupa quase 6,2 vezes mais que a tecnologia de barramento blindado.

Uma das características vantajosas da tecnologia *busway*, é que o espaço necessário para alocação dos elementos no pavimento térreo é reduzido, como pode ser observado na Figura 19. Em alguns casos pode até permitir que esta área possa ser utilizada como vaga de garagem ou de lazer.

Observando a Figura 21, percebe-se que os quadros de medidores, no sistema convencional, ocupam uma área grande da fachada do edifício, e tem-se também quase um terço da parte frontal da Sala 1 sendo prejudicada. Sendo assim, além desse sistema trazer uma poluição visual para o empreendimento, pois perde-se a ideia original do projeto arquitetônico, tem-se a perda de uma área importante da fachada da Sala 1.

No pavimento dos apartamentos a tecnologia de *busway* ocupa 0,53 m<sup>2</sup>, enquanto o sistema convencional ocupa apenas 0,27 m<sup>2</sup>. É possível perceber que neste pavimento o a tecnologia convencional ocupa aproximadamente 2 vezes menos que a tecnologia de barramento blindado.

Comparando as Figuras 20 e 22, é perceptível que o sistema convencional ocupa um lugar consideravelmente menor no pavimento dos apartamentos, o que pode tornar uma característica vantajosa para essa tecnologia. Contudo, neste estudo de caso há muito espaço vago no hall dos pavimentos dos apartamentos, e, portanto, a área utilizada no sistema de barramentos blindados não prejudicou em nenhum aspecto.

Se a área do hall do pavimento dos apartamentos fosse menor, bastaria apenas mudar o quadro de medição dos apartamentos de 18 para 6 medidores, e então a área utilizada seria de 0,34 m<sup>2</sup>, próxima a tecnologia convencional. Entretanto, haveria um custo adicional no orçamento do sistema de medição, pois neste caso está sendo utilizado um quadro de 18 medidores para 18 unidades consumidoras, e, se houvesse menor espaço, deveria ser utilizado 3 quadros de 6 medidores para 18 unidades consumidoras.

No Quadro 19, tem-se os pavimentos e as respectivas áreas utilizadas em ambas tecnologias.

**Quadro 19 - Áreas utilizadas para ambos sistemas em seus respectivos pavimentos**

Descrição	Área (m <sup>2</sup> ) - <i>Busway</i>	Área (m <sup>2</sup> ) - Convencional
Pavimento Térreo	0,48	2,99
Pavimento dos Apartamentos	0,53	0,27

Fonte: Autor (2023).

Dando sequência ao comparativo técnico entre os sistemas, tem-se a análise da queda de tensão. No sistema de distribuição de energia por barramentos blindados pode-se observar dois valores, o primeiro sendo a queda de tensão sem considerar o trecho da unidade consumidora mais distante do último quadro de medição, e a queda de tensão considerando este trecho. O primeiro valor sendo 1,80 %, e o segundo valor sendo 2,63 %, respectivamente.

Como havia uma unidade consumidora a cerca de 25,00 m de distância do último medidor, então, a queda de tensão nesse trecho tornou-se significativa para o cálculo total. Contudo, respeitou-se o valor normativo máximo de 5,00 %, resultando

numa queda de tensão de 9,88 V. No trecho que compreende a entrada de energia e o último barramento blindado, houve queda de tensão de 1,80 %, resultando em 6,84 V.

Para o sistema convencional de distribuição de energia, houve queda de tensão de 4,65 %, considerando o trecho até a unidade consumidora mais distante. Essa queda de tensão resultou no valor de 17,67 V, respeitando também o valor normativo de 5,00 %. No Quadro 20, tem-se os valores da queda de tensão para ambas tecnologias.

**Quadro 20 - Resultados dos cálculos da queda tensão para ambos sistemas**

Tecnologia	$\Delta\%$	$\Delta V (V)$
Barramento Blindado	2,63	9,88
Convencional	4,65	17,67

Fonte: Autor (2023).

Observando os resultados do Quadro 20, é possível perceber a diferença entre valores, onde a utilização do sistema convencional de distribuição de energia, comparada a tecnologia de barramentos blindados, teve queda de tensão de aproximadamente 76 % maior.

Sendo assim, verifica-se uma diferença considerável tanto na queda de tensão, quanto no espaço utilizado, comparando ambas tecnologias. Onde a utilização da tecnologia *busway*, torna-se mais viável.

#### 4.6 Aplicação da BIM no Estudo de Caso

Esta seção apresenta a utilização da tecnologia BIM na modelagem e compatibilização do projeto de instalação elétrica do estudo de caso. Com isso, deseja-se apresentar e demonstrar os benefícios desta tecnologia em comparação com os métodos tradicionais.

Como já mencionado, o *software* utilizado será o Revit versão 2020. O foco na aplicação da BIM com o Revit é fazer a modelagem e a compatibilização dos apartamentos Tipos 3, 4 e 5. Primeiramente, será desenvolvida a modelagem do projeto elétrico, que consiste em fazer ou construir o projeto, como ele foi planejado em sua forma tridimensional. Na sequência, é realizada a compatibilização de projetos, que faz utilização de uma ferramenta no *software* para encontrar possíveis

interferências entre os demais modelos de projetos. Por fim, será realizada a exposição, análise de interferência, e discussão dos resultados encontrados.

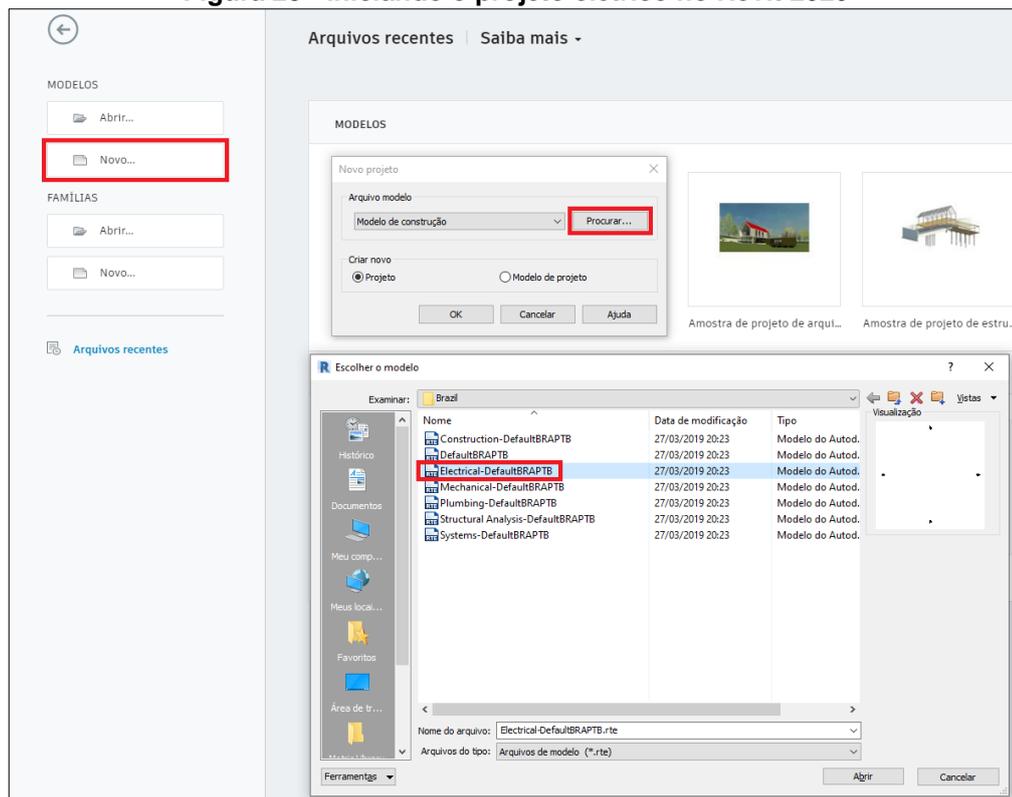
#### 4.6.1 Modelagem do projeto elétrico

A modelagem do projeto elétrico do empreendimento estudado foi realizada de acordo com as solicitações da construtora e do projetista. Como base para a modelagem do projeto, foram utilizados os modelos de arquitetura e estrutura previamente desenvolvidos pela construtora.

##### 4.6.1.1 Iniciando o projeto de instalações elétricas

Para iniciar a modelagem do projeto elétrico, deve-se primeiramente criar um projeto. Resumidamente, para isto, abre-se o Revit, e na sua tela inicial seleciona-se a opção “Novo”, em seguida deve-se clicar em “Procurar”. Abrirá uma janela que permite escolher o tipo de projeto a ser desenvolvido, que neste caso será selecionada a opção “Electrical-DefaultBRAPTb”, como mostrado na Figura 23.

**Figura 23 - Iniciando o projeto elétrico no Revit 2020**

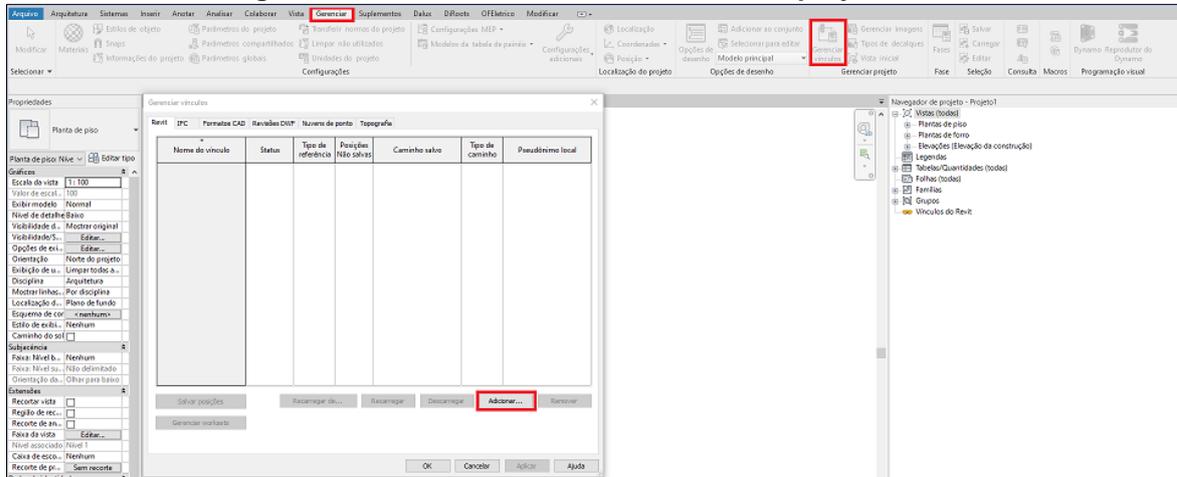


Fonte: Autor (2023).

Após a criação do projeto, deve-se inserir os demais modelos de projetos, para as outras disciplinas, hidrossanitário, estrutural, arquitetônico e preventivo contra incêndio, através da ferramenta "Vínculo do Revit". Tais modelos foram inseridos através da aba *Gerenciar*, clicando em "Gerenciador de Vínculos" e, em seguida "Adicionar", a qual abrirá uma janela onde será possível escolher os arquivos dos modelos. Isto está representado na Figura 24.

Realizando os passos anteriores, está concluída a criação do projeto elétrico e a inserção dos modelos de estrutura, arquitetura, hidrossanitário e preventivo contra incêndio. Com os modelos de projetos carregados, já é possível visualizar o projeto arquitetônico e estrutural, como mostrado na Figura 25.

**Figura 24 - Inserindo os demais modelos no projeto elétrico**



Fonte: Autor (2023).

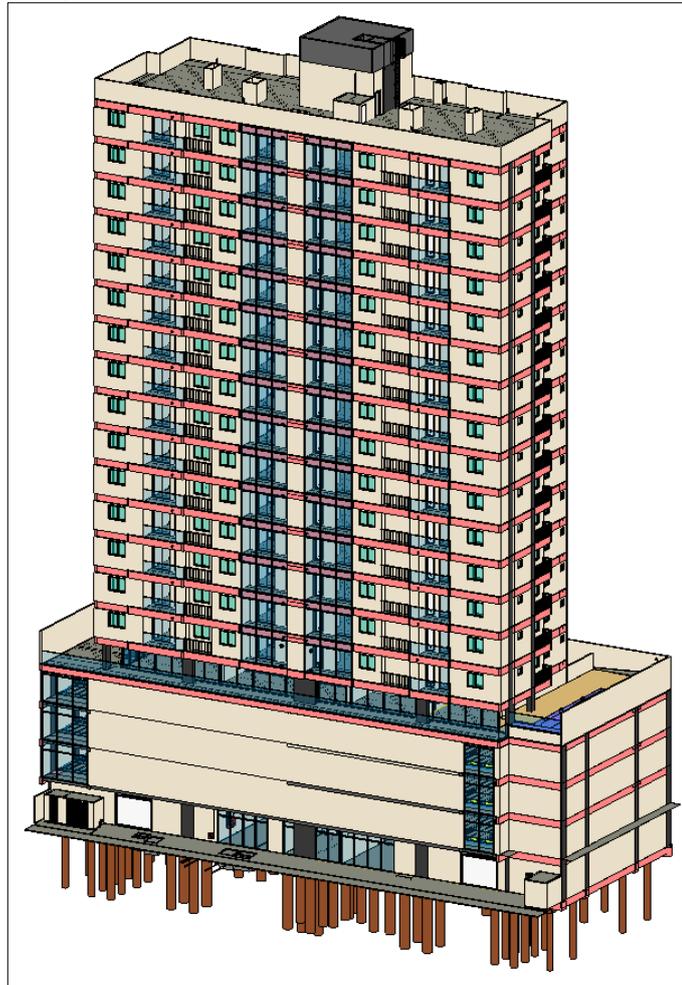
#### 4.6.1.2 Inserção dos pontos elétricos

Para melhor visualização e entendimento do trabalho, foi escolhido o apartamento 05 para o estudo de caso. Na Figura 26, tem-se a planta baixa de um pavimento dos apartamentos do edifício em estudo, onde observa-se que a arquitetura dos apartamentos é espelhada, ou seja, o apartamento 05 é igual ao 06, o apartamento 04 é igual ao 01, e o apartamento 03 é igual ao 02. Sendo assim, será desenvolvida a modelagem apenas dos apartamentos espelhados, no caso os apartamentos 03, 04, e 05.

Para a inserção dos pontos elétricos, serão utilizadas as ferramentas "Equipamento elétrico", "Dispositivo" e "Luminária", localizadas na aba *sistemas* do

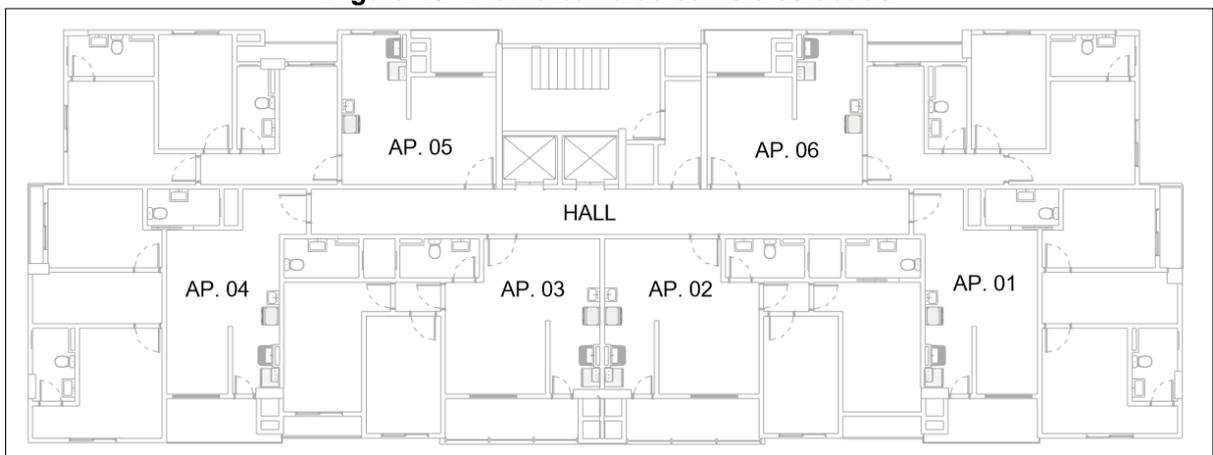
Revit, ver Figura 27. A primeira a ser utilizada será a ferramenta “Luminária”, da qual irá se fazer a alocação das caixas octogonais, ou também chamada de luminária.

**Figura 25 - Vista 3D do edifício do estudo de caso**



Fonte: Autor (2023).

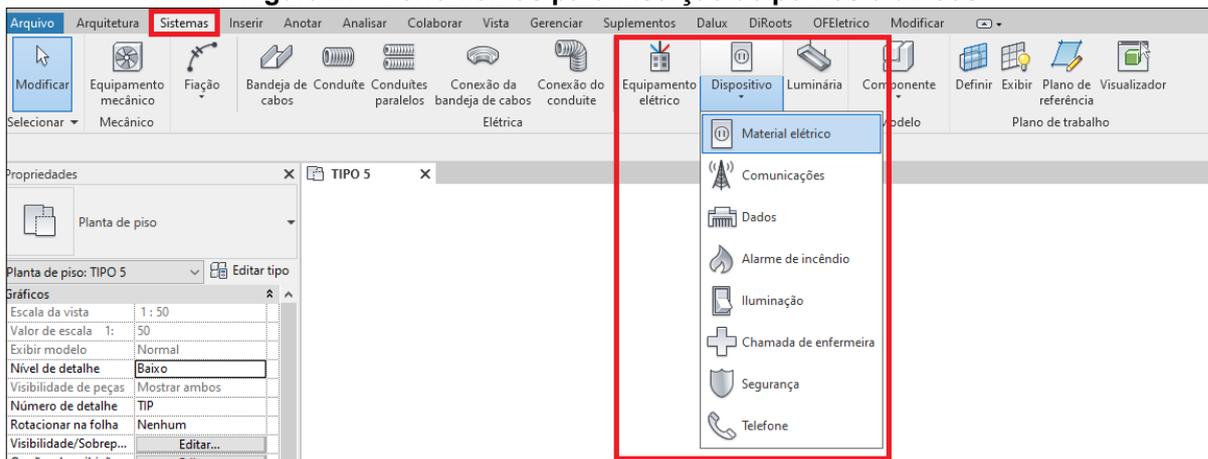
**Figura 26 - Planta baixa do edifício estudado**



Fonte: Autor (2023).

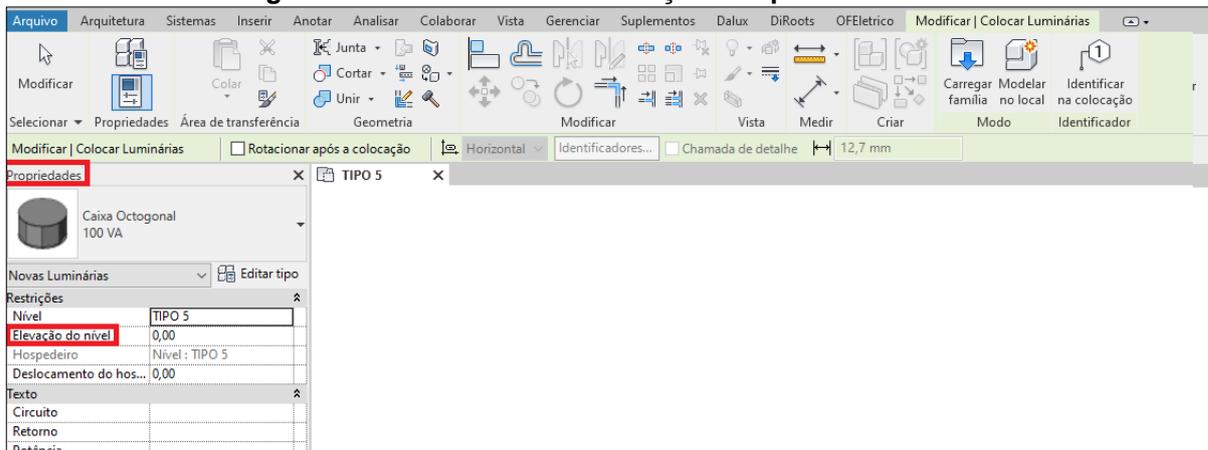
No momento em que os pontos elétricos são inseridos na planta baixa, tem-se a possibilidade de determinar a altura em relação ao piso, em que se pretende colocá-los. Para isto, ao clicar na peça em que se deseja utilizar, nesse caso a luminária, irá aparecer na lateral esquerda da tela, uma caixa de diálogo “Propriedades”, item “Elevação do nível”, da qual é possível especificar esta altura para qualquer ponto elétrico, ver Figura 28.

**Figura 27 - Ferramentas para inserção de pontos elétricos**



Fonte: Autor (2023).

**Figura 28 - Determinando a elevação dos pontos elétricos**



Fonte: Autor (2023).

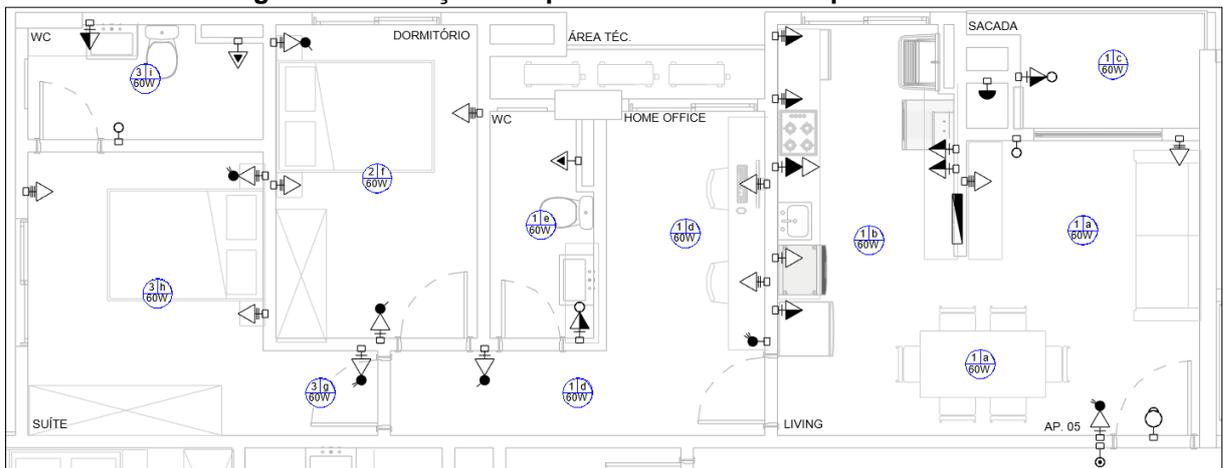
Sendo assim, realizou-se a inserção dos pontos elétricos referente às caixas octogonais, conforme mostrado na Figura 29. A Figura 30 apresenta a vista em 3D desses pontos, onde pode-se perceber também que não aparece o mobiliário do apartamento, apenas são exibidos os itens considerados importantes para projeto, como as pias, privadas, máquina de lavar roupas, aquecedor, entre outros.



### 4.6.1.3 Executando o traçado dos eletrodutos

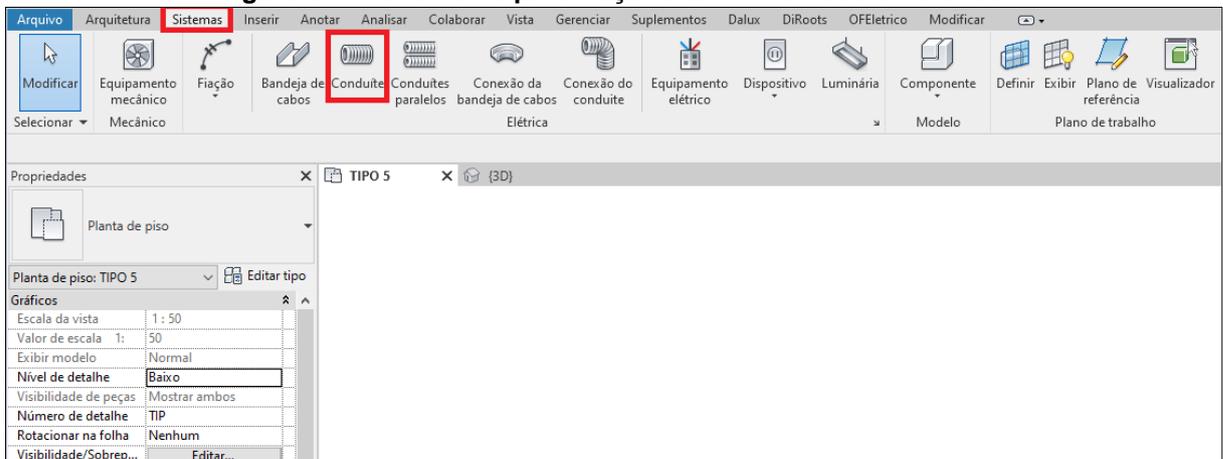
Após fazer a inserção de todas as peças foi possível iniciar o traçado dos eletrodutos, que abrigam os diversos circuitos elétricos. Para isto, existe a ferramenta na aba *Sistemas* chamada “Conduíte”, ver Figura 32. Para utilizar esta ferramenta basta selecioná-la e clicar em um dos pontos elétricos, e será possível desenhar um caminho desta peça até outra qualquer. Outra forma de executar o traçado dos eletrodutos é clicando em um dos pontos elétricos com o botão esquerdo do mouse e selecionar “Desenhar Conduíte”.

**Figura 31 - Inserção dos pontos elétricos nos apartamentos**



Fonte: Autor (2023)

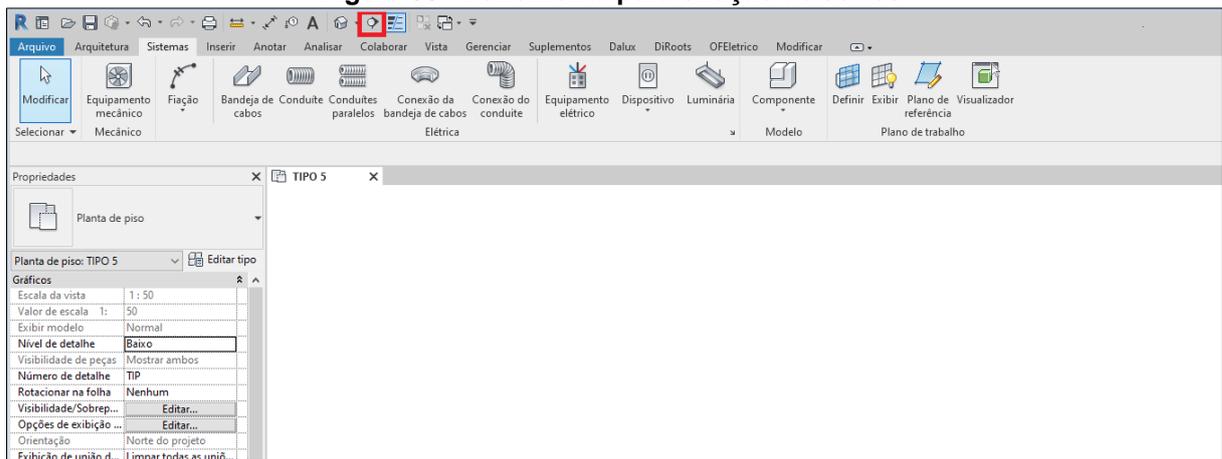
**Figura 32 - Ferramenta para traçar o caminho dos eletrodutos**



Fonte: Autor (2023).

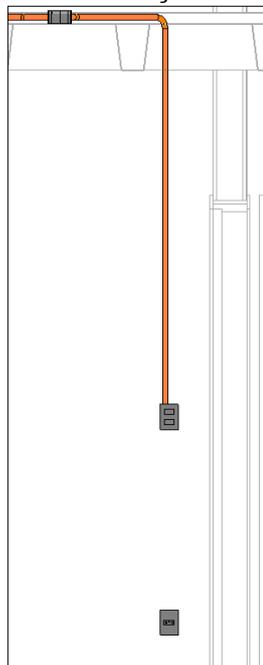
Durante esta etapa, utilizou-se da vista 3D e de cortes para visualização e execução dos traçados dos eletrodutos. Por vezes, os traçados dos eletrodutos foram executados utilizando a vista da planta baixa, contudo, em alguns casos, foram essenciais a utilização dos cortes de vistas, e posteriormente sua visualização na vista em 3D. Para utilização dos cortes de vistas, basta selecionar a ferramenta “Corte”, na parte superior da área de trabalho do Revit, como mostrado na Figura 33. Na Figura 34, tem-se um exemplo onde foi necessária a utilização desta ferramenta, pois através da vista em planta baixa, não é possível fazer a conexão até a tomada.

**Figura 33 - Ferramenta para criação de cortes**



Fonte: Autor (2023).

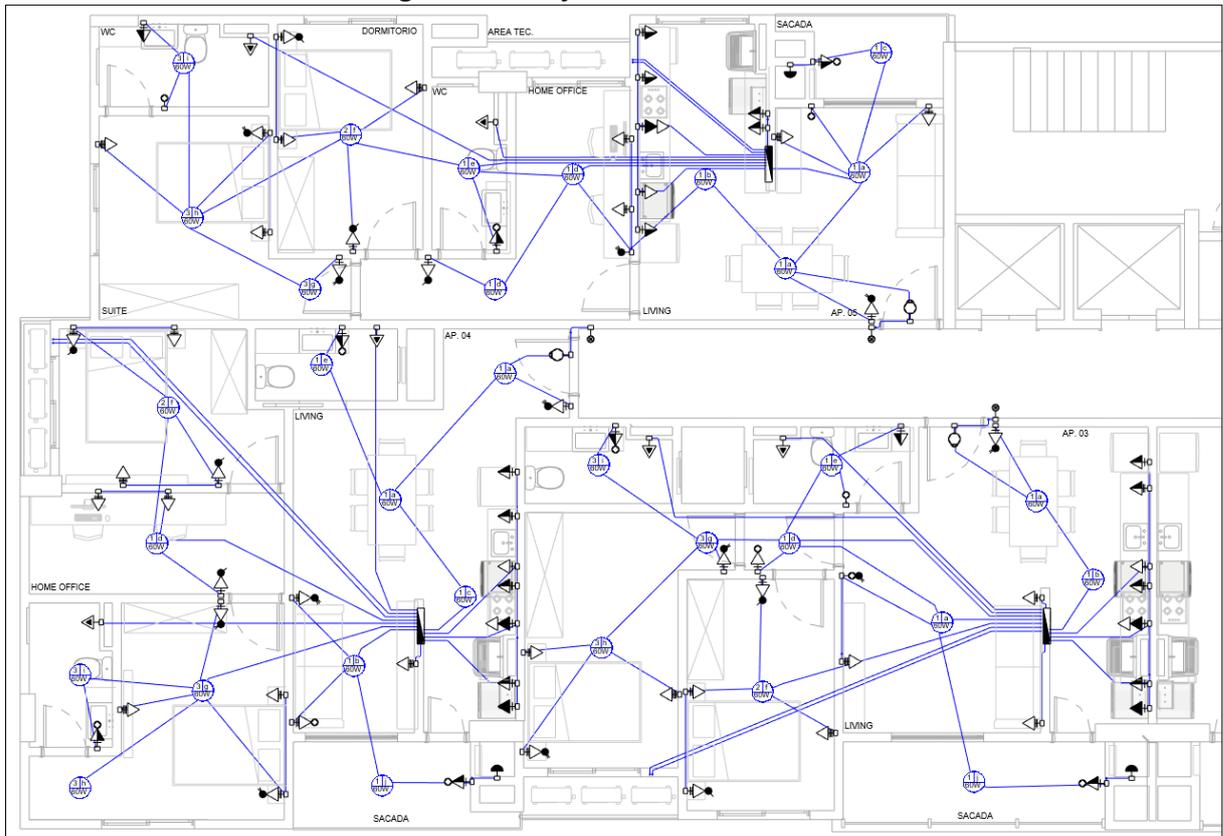
**Figura 34 - Exemplo de utilização da ferramenta de corte**



Fonte: Autor (2023).

Portanto, inserido todos os pontos elétricos e traçado os eletrodutos, termina-se a modelagem do projeto. Nas Figuras 35 e 36, pode-se observar a modelagem completa em planta baixa e em vista 3D, respectivamente, dos apartamentos 01, 02, e 03. A partir de então, é possível realizar a verificação de interferências para compatibilização com os demais projetos.

**Figura 35 - Projeto elétrico modelado**



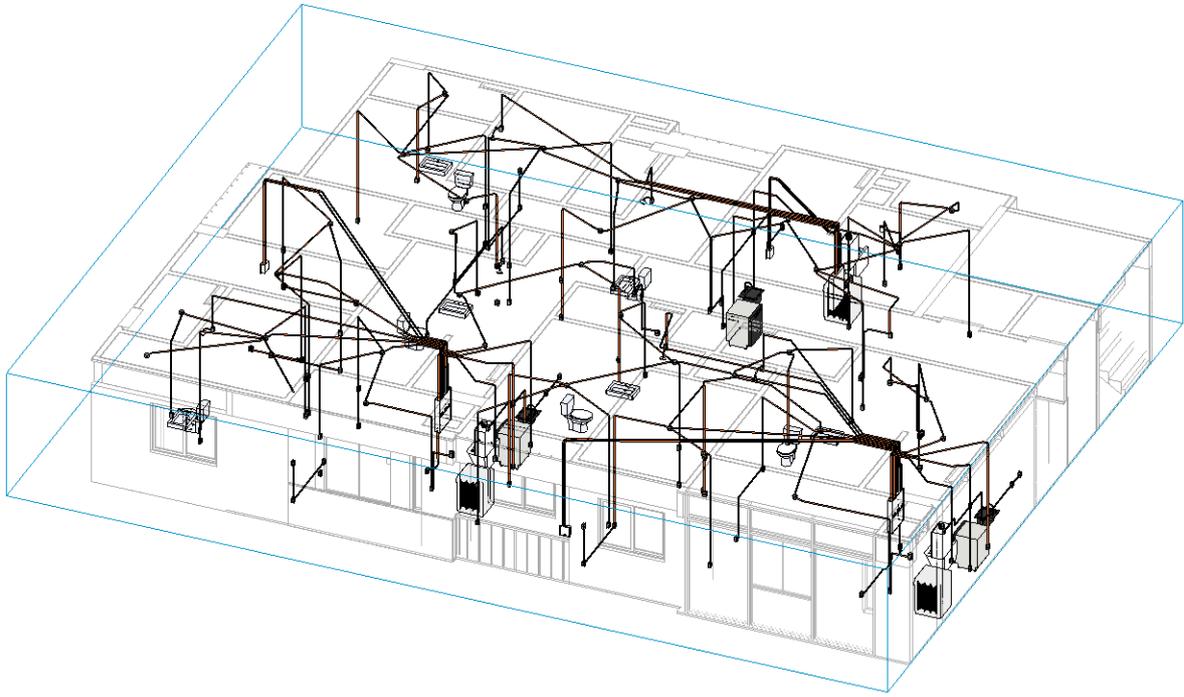
Fonte: Autor (2023).

#### 4.6.2 Compatibilização

Após a finalização da modelagem do projeto elétrico, é possível realizar a compatibilização do mesmo com os demais modelos de projeto. Para isto, será utilizado a ferramenta de verificação de interferências que o Revit disponibiliza, na aba *Colaborar*, item “Verificação de interferência”, item “Executar verificação de interferência”, conforme a Figura 37. Ao clicar em “Executar verificação de interferência”, irá abrir uma caixa de diálogo chamada “Verificação de interferência”, da qual permite selecionar o modelo de projeto e os itens em que se deseja realizar as verificações. Para este estudo foram escolhidos três projetos para verificação de

interferência com o Projeto Elétrico: Projeto Estrutural, Projeto Hidrossanitário, e Projeto Preventivo Contra Incêndio.

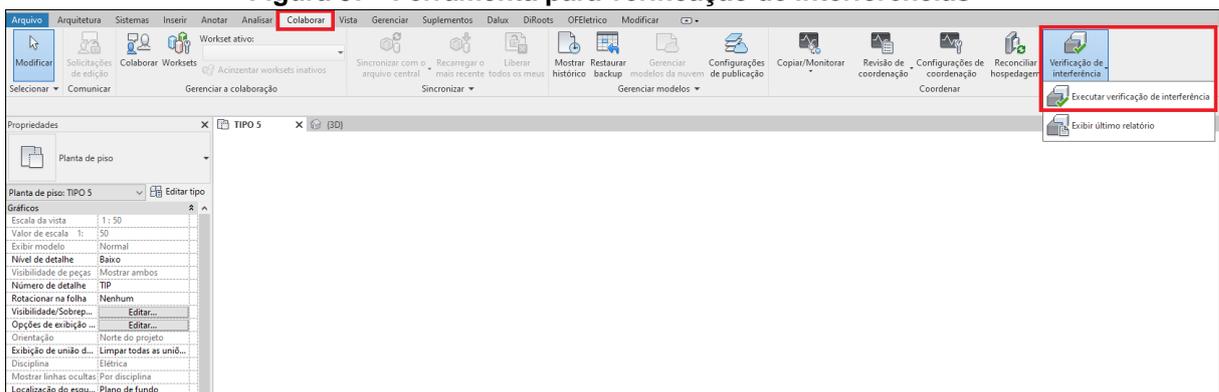
**Figura 36 - Projeto elétrico modelado - Vista 3D**



Fonte: Autor (2023).

O primeiro modelo de projeto que será selecionado para se fazer a verificação de interferências é o Projeto Estrutural. A aba *Verificação de interferência*, além de permitir escolher o projeto para verificação, possibilita fazer a seleção dos itens relevantes para a análise. Na Figura 38, tem-se, por exemplo, a aba *Verificação de interferência* e os itens relevantes selecionados para se fazer a análise entre o Projeto Elétrico e o Projeto Estrutural.

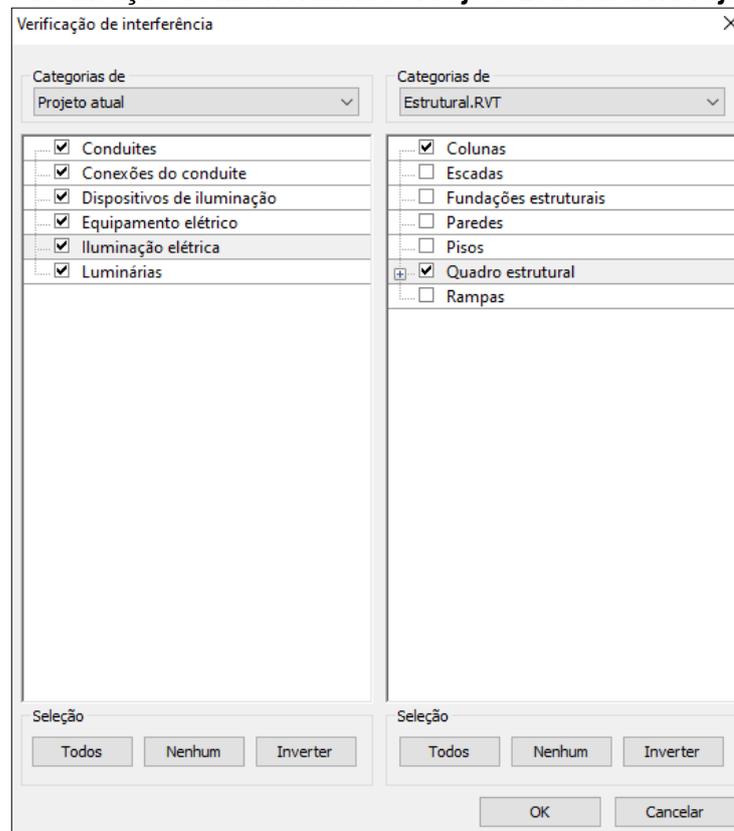
**Figura 37 - Ferramenta para verificação de interferências**



Fonte: Autor (2023).

Após fazer a escolha dos projetos para as análises de interferências, basta clicar em “OK” na aba “Verificação de interferência”. Ao clicar em “OK”, o *software* fará a verificação de interferências e abrirá a caixa de diálogo “Relatório de interferência”, onde aparece uma listagem de todos os elementos que estão em conflito uns com os outros.

**Figura 38 - Verificação de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico**



Fonte: Autor (2023).

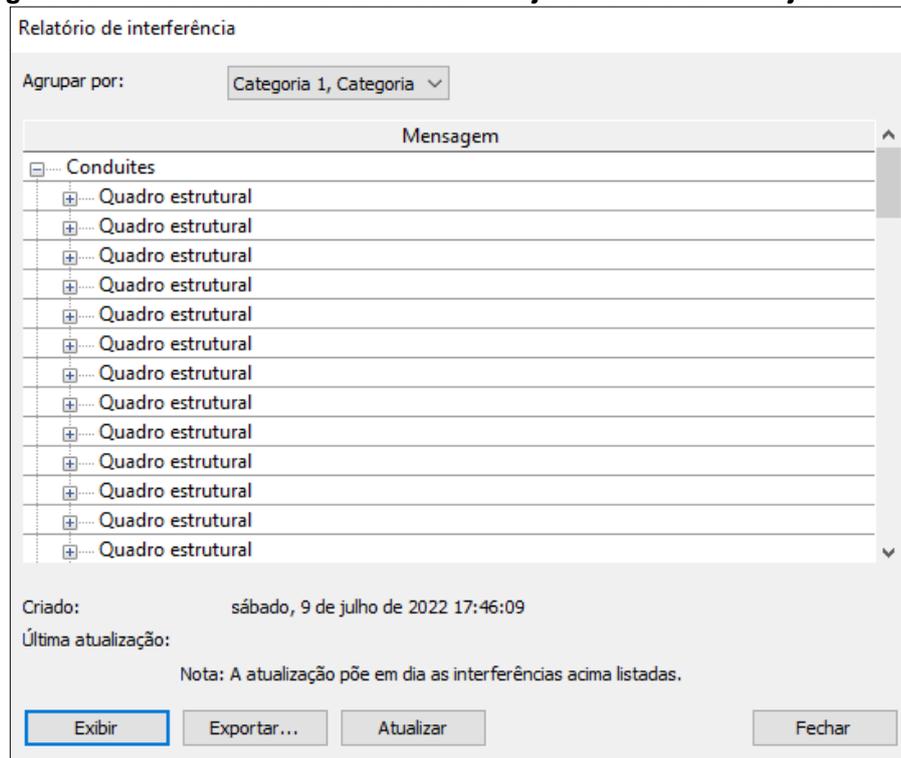
Na Figura 39, tem-se a caixa de diálogo “Relatório de interferência”, da qual é possível fazer a visualização dos elementos em conflito. Para isso, basta selecionar o elemento na caixa de diálogo e clicar em “Exibir”, e os elementos conflitantes serão realçados na cor laranja, como indicado na Figura 40.

Para fazer a correção dos elementos em conflito, devem-se fazer as modificações necessárias no projeto, e após feito isto, deve-se selecionar a opção “Atualizar”, na caixa de diálogo “Relatório de interferência”. Há a possibilidade de gerar um relatório de interferências, clicando em “Exportar”, e irá gerar um arquivo HTML.

Foram gerados os relatórios para os três projetos em verificação, em seguida copiados e inseridos numa planilha. Este arquivo é formado por duas colunas (A e B), que relacionam os elementos em conflitos dos projetos. No Quadro 21, tem-

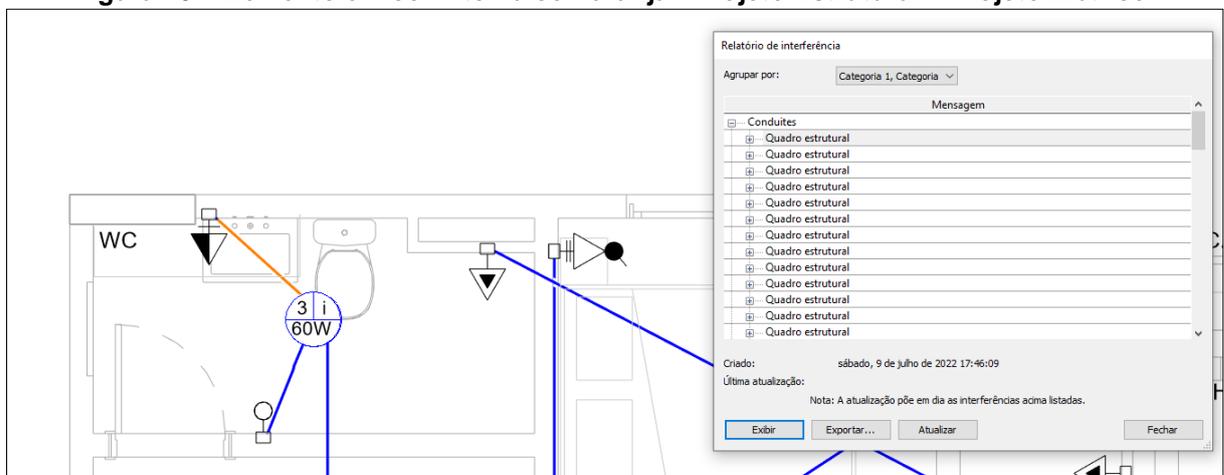
se um trecho do relatório do Projeto Estrutural x Projeto Elétrico, onde pode-se perceber na coluna A, os elementos do Projeto elétrico, e na coluna B, os elementos do Projeto Estrutural. Os relatórios completos se encontram no Apêndice.

**Figura 39 - Relatório de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico**



Fonte: Autor (2023).

**Figura 40 - Elemento em conflito na cor laranja - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico**



Fonte: Autor (2023).

### 4.6.3 Exposição e Análise de interferências

Ao finalizar a verificação de interferências, foi possível observar os potenciais erros na modelagem do projeto. Muitas interferências foram já identificadas na fase de modelagem do projeto, através das vistas em corte e em 3D. Contudo, ainda houve um considerável número de possíveis erros gerados em relatório. A seguir serão expostas e analisadas as interferências nos diferentes projetos.

**Quadro 21 - Trecho do relatório de interferências Projeto Estrutural x Projeto Elétrico**

	A	B
1	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8634873	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
2	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8634892	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
3	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703968	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
4	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8864761	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697
5	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704795	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697

Fonte: Autor (2023).

#### 4.6.3.1 Projeto Estrutural x Projeto Elétrico

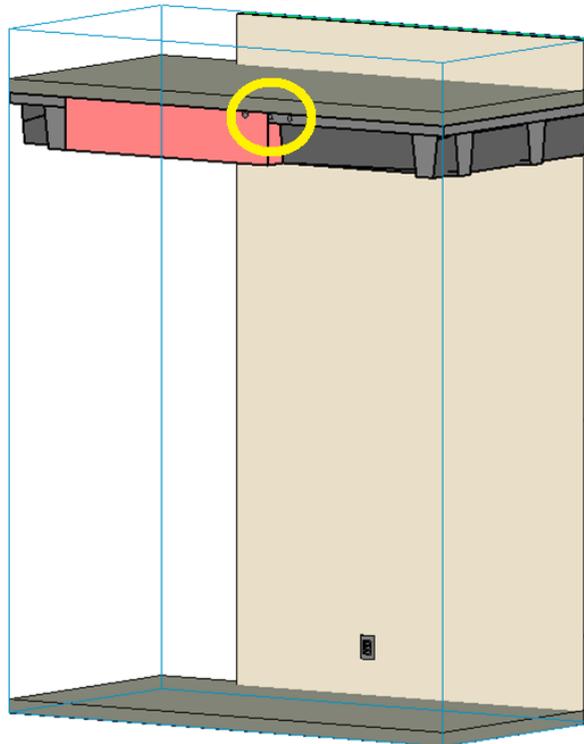
Para a verificação do Projeto Estrutural x Projeto Elétrico, foram escolhidos todos os elementos do projeto elétrico e os elementos referente a colunas (pilares), e vigas (quadros estruturais), como pode-se observar na Figura 38. Fazendo a verificação de cada conflito, foi possível perceber que ocorreu três tipos de interferências.

A primeira interferência, e de maior incidência, foi por conta da passagem de eletrodutos nas vigas. Há vigas que possuem a mesma altura da laje, portanto, os eletrodutos que passam na caixa octogonal e vão até algum ponto elétrico, muitas vezes atravessam estas vigas. Para evitar este tipo de interferência há duas possibilidades, a primeira é sair com o eletroduto da laje e passar acima da viga, pois quando for feito o contra piso será tampado. A outra alternativa é fazer a passagem do eletroduto pelo forro, ou seja, o eletroduto não passaria mais pela laje, a passagem seria feita acima do forro de gesso, por exemplo. Na Figura 41, é possível observar

este tipo de interferência, onde três eletrodutos, dentro do círculo em amarelo, passam através da viga.

A segunda interferência também se refere a passagem de eletrodutos por vigas. Contudo, tem-se a diferença de que essas vigas fazem a transição da laje para a parede, ou seja, os eletrodutos saem da caixa octogonal em direção ao ponto elétrico, e em alguns casos a parede que o ponto está, possui viga. Não havendo projeto dos furos nas vigas, os trechos que houveram transição da laje do teto para as paredes foram identificadas estas interferências. Para evitar este tipo de interferência é necessário o dimensionamento destes furos para a passagem dos eletrodutos. Na Figura 42, tem-se um exemplo do qual houve este tipo de interferência, onde um eletroduto, circulado em amarelo, está passando pela viga para chegar aos pontos elétricos abaixo.

**Figura 41 - Exemplo de passagem de eletrodutos através da viga**



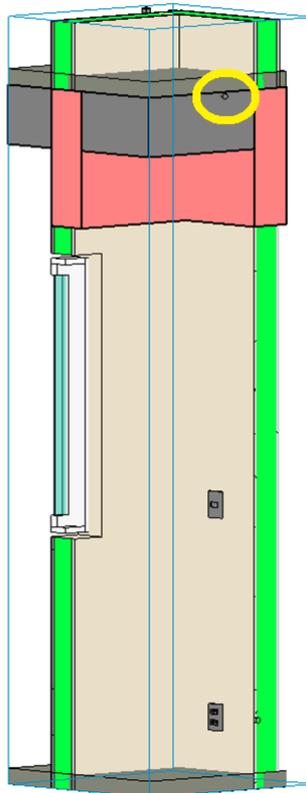
Fonte: Autor (2023).

A última interferência verificada, e com a menor incidência, foi uma caixa octogonal inserida na viga. No banheiro do apartamento 05, há uma viga da qual ocupa grande parte de sua laje, que durante o processo de modelagem não foi percebida. Para solucionar esta interferência deve-se mover a caixa octogonal para

fora da viga, ao local mais próximo, porém, inserida na laje. Na Figura 43, tem-se em laranja a caixa octogonal que está inserida na viga.

Como já mencionado, a modelagem do projeto utilizando cortes e a vista tridimensional, possibilitou a verificação de possíveis conflitos com antecedência. Um exemplo disto, é em relação as possíveis interferências dos eletrodutos e pontos elétricos com os pilares. Como por exemplo, no apartamento 05, onde há um pilar que ocupa toda a parede do ambiente *Living*. Geralmente são inseridas tomadas em ambos os lados do sofá, contudo, ao se inserir esta peça e verificada na vista 3D, foi possível perceber que havia sido inserida em um pilar, algo que não pode ocorrer.

**Figura 42 - Exemplo de passagem de eletrodutos através da viga acima da parede**



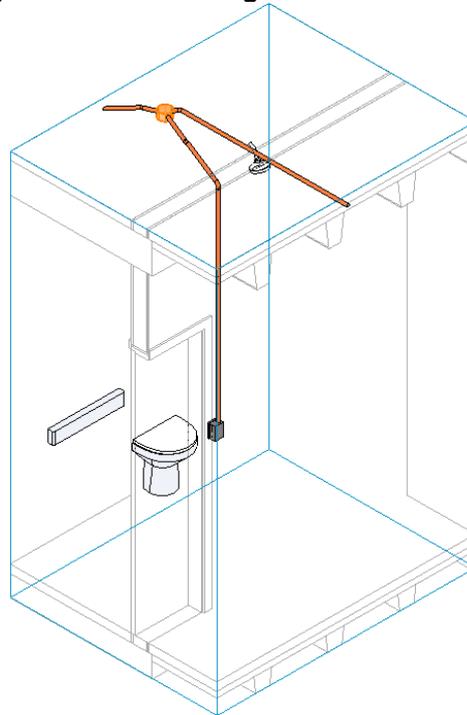
Fonte: Autor (2023).

Sendo assim, foi decidido colocar apenas tomada em um dos lados do sofá, em uma parede próxima. Nas Figuras 44 e 45, é possível observar o ambiente e a tomada anteriormente comentada, circulada em amarelo, assim como o pilar em que havia sido inserida a tomada, em cinza escuro, respectivamente.

Os conflitos reportados no relatório se resumiram nos três tipos de interferências acima comentados. Pode-se observar no relatório também, que há uma

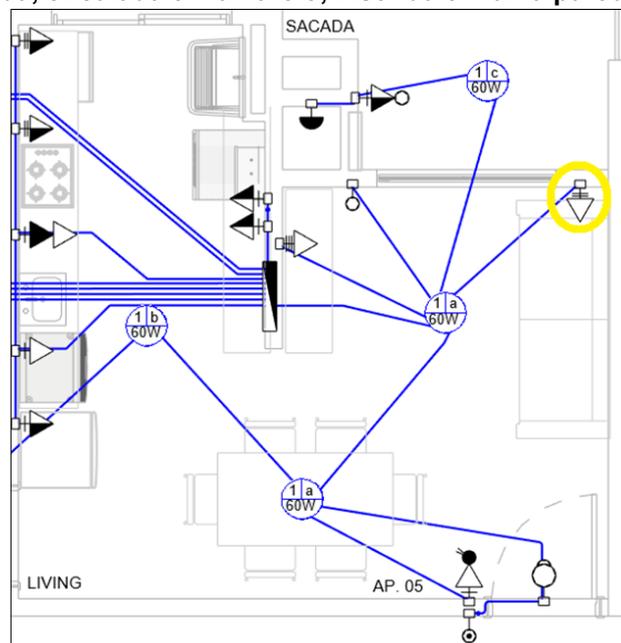
série de conflitos que são relacionados as curvas de conduítes, ou também chamados de eletrodutos. Isto se dá porque o *Software*, separa em duas “peças” diferentes, eletrodutos e curvas de eletrodutos, porém, fazem parte do mesmo trajeto, e por isto não foram especificamente comentados nas análises de interferência acima.

**Figura 43 - Caixa octogonal inserida na viga**



Fonte: Autor (2023).

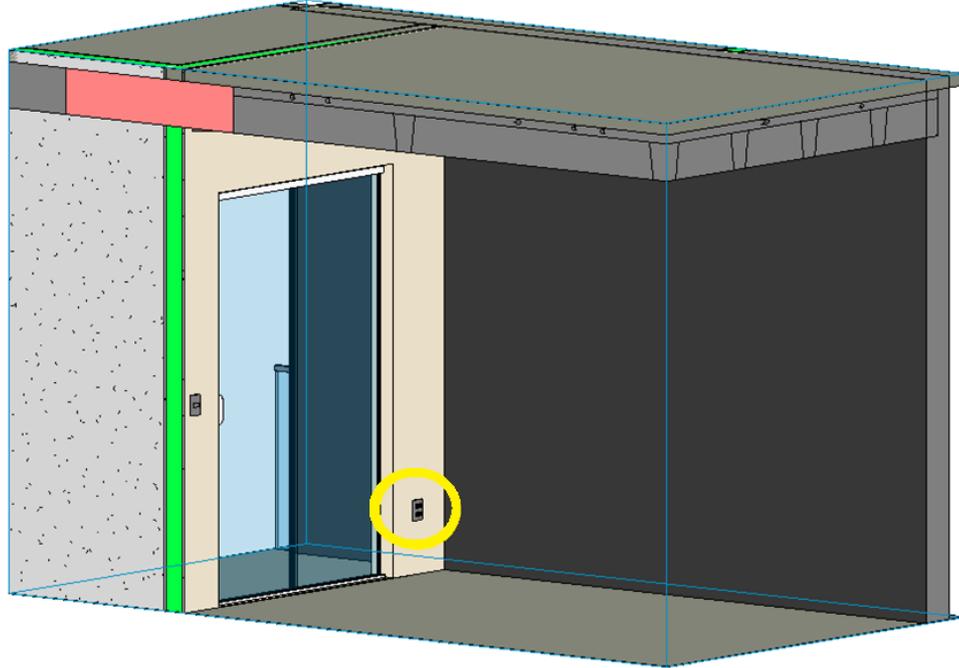
**Figura 44 - Tomada, circulada em amarelo, inserida em uma parede próxima do sofá**



Fonte: Autor (2023).

Adiante, no Quadro 22, foram contabilizados e classificados os conflitos reportados no relatório de interferência, considerando o tipo de interferência.

**Figura 45 - Tomada, circulada em amarelo, inserida em uma parede próxima do sofá - Vista 3D**



Fonte: Autor (2023).

**Quadro 22 - Classificação e quantificação de interferências - Projeto Estrutural x Projeto Elétrico**

<b>Tipo de interferência</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Relação com o total</b>
Passagem de eletrodutos através da viga	44	59,46%
Passagem de eletrodutos através da viga acima da parede	29	39,19%
Caixa octogonal inserida na viga	1	1,35%
<b>Total de interferências</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>

Fonte: Autor (2023).

#### 4.6.3.2 Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico

Para a verificação do Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico, foram escolhidos todos os itens do Projeto Elétrico e todos os itens do Projeto Hidrossanitário. Fazendo a verificação de cada conflito, foi possível perceber que ocorreu três tipos de interferências.

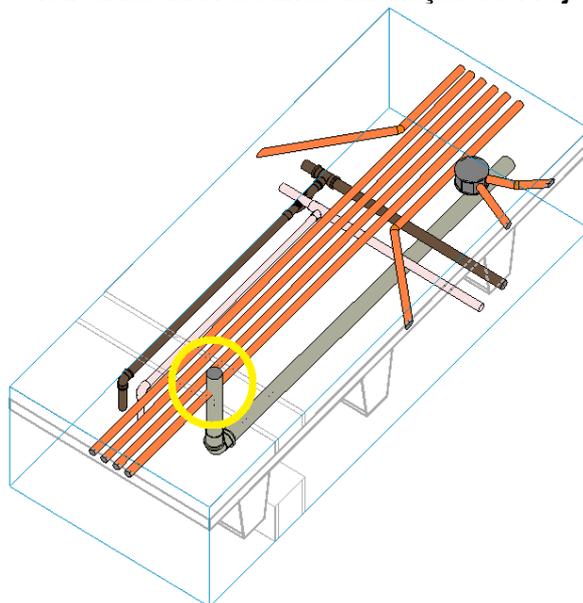
A primeira interferência, e que houve maior incidência, foi por conta da passagem de eletrodutos nos mesmos locais onde está passando a tubulação do

projeto hidrossanitário. Neste projeto há muitas furações em laje, principalmente em locais onde há pias, privadas e chuveiros. Por conta disso, os eletrodutos que foram modelados na laje, em alguns casos atravessaram essas tubulações.

A solução para este problema é refazer o traçado dos eletrodutos, uma vez que estes eletrodutos são flexíveis, há certa facilidade para que isto ocorra na fase projetual e posteriormente na execução da obra. Em alguns casos não se tem a possibilidade de mudança da tubulação do Projeto Hidrossanitário, ou há uma dificuldade maior, portanto, é coerente alterar o traçado dos eletrodutos no Projeto Elétrico.

Estas interferências ocorreram em diversos ambientes dos apartamentos, mas principalmente no *Living* e nos Banheiros. Nas Figuras 46 e 47, pode-se observar o eletroduto atravessando uma tubulação, circulada em amarelo, do Projeto Hidrossanitário. Na Figura 48, estão os ambientes e os respectivos lugares, em planta baixa, onde acontecem as interferências.

**Figura 46 - Exemplo 1 de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na laje**

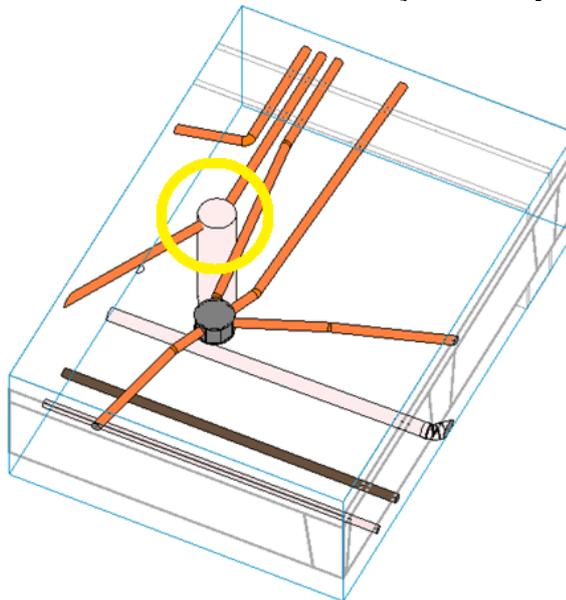


Fonte: Autor (2023).

A segunda interferência verificada, também se refere a passagem dos eletrodutos através das tubulações, porém, agora nas paredes. Estes conflitos são comuns de acontecerem e fáceis de serem solucionados. Por exemplo, em ambientes que se tem pia, há as tubulações do Projeto Hidrossanitário chegando até elas, porém, esses lugares também costumam ter tomadas elétricas nas alturas de 30 e 110 cm, e

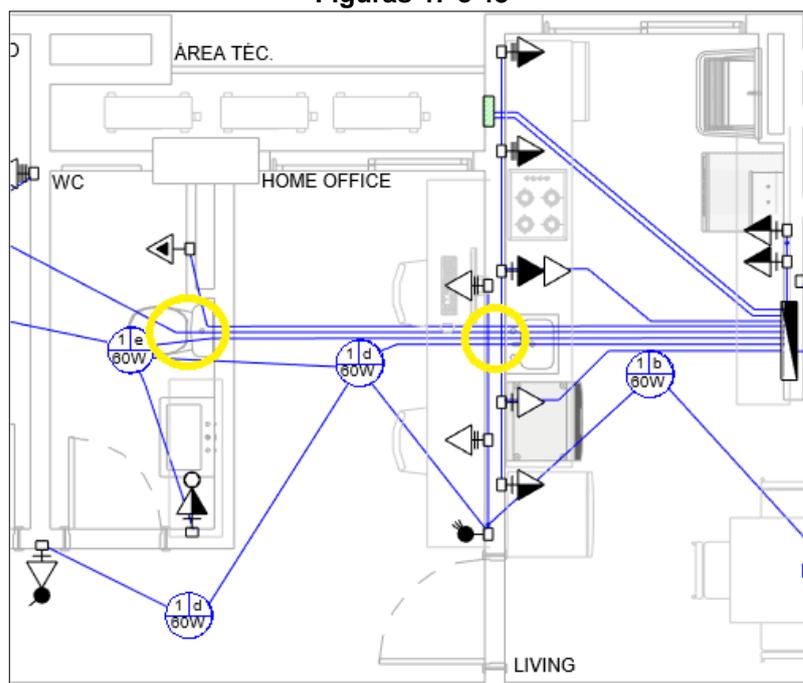
consequentemente poderá haver este conflito. O que é feito nas execuções de obras, é apenas passar o eletroduto por trás destas tubulações, ou mudar de rota.

**Figura 47 - Exemplo 2 de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na laje**



Fonte: Autor (2023).

**Figura 48 - Ambientes e os respectivos lugares, em planta baixa, das interferências das Figuras 47 e 48**

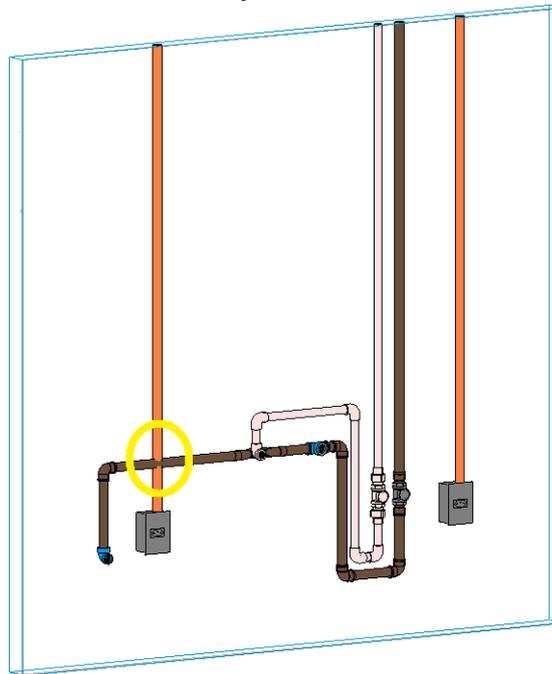


Fonte: Autor (2023).

Na Figura 49, pode-se observar o eletroduto atravessando uma tubulação do Projeto Hidrossanitário. Neste caso é apenas em um tubo que se está fazendo o

desvio, o que não é recomendado a se fazer seria atravessar o eletroduto, de forma longitudinal, entre as duas tomadas da figura, pois haveria de se fazer desvios excessivos, o que é prejudicial tanto para a passagem do eletroduto e da fiação, quanto para uma futura manutenção.

**Figura 49 - Exemplo de eletroduto atravessando tubulação do Projeto Hidrossanitário na parede**



Fonte: Autor (2023).

O terceiro e último tipo de conflito verificado se refere aos pontos elétricos que se sobrepuseram a algum item do Projeto Hidrossanitário. Como na Figura 50, que há uma peça para alimentação elétrica do chuveiro, porém, está no mesmo lugar que a tubulação do Projeto Hidrossanitário e do chuveiro. Neste caso deve-se apenas reposicionar a peça elétrica para um dos lados.

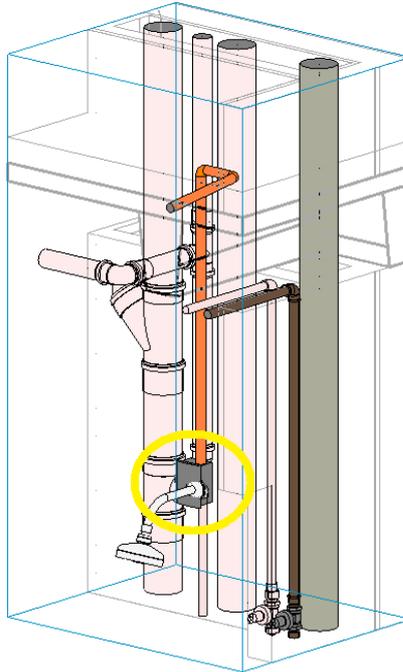
A seguir, no Quadro 23, foram contabilizados e classificados os conflitos reportados no relatório de interferência, considerando o tipo de interferência.

#### **4.6.3.3 Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico**

Para a verificação do Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico, foram escolhidos todos os itens do Projeto Elétrico e todos os itens do Projeto

Preventivo Contra Incêndio. Ao se fazer a verificação de interferência destes projetos, foi possível perceber que ocorreu basicamente apenas um conflito.

**Figura 50 - Exemplo de sobreposição de ponto elétrico com algum item do projeto hidrossanitário, circulado em amarelo**



Fonte: Autor (2023).

**Quadro 23 - Classificação e quantificação de interferências – Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico**

Tipo de interferência	Quantidade	Relação com o total
Eletrodutos que atravessam tubulações que furam a laje	15	45,45%
Eletrodutos que atravessam tubulações na parede	10	30,30%
Sobreposição de itens	8	24,24%
<b>Total de interferências</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>

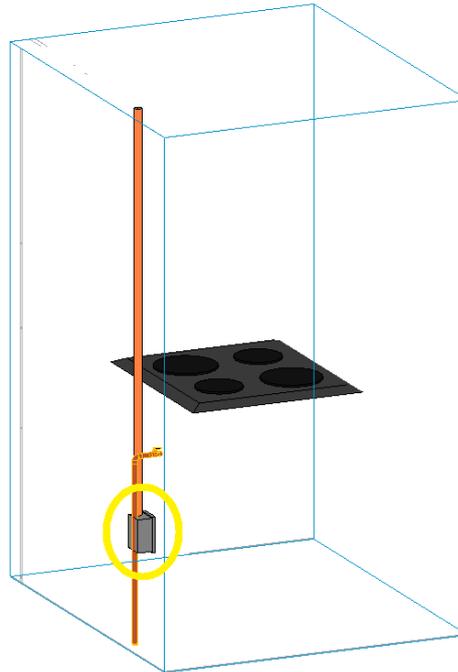
Fonte: Autor (2023).

No relatório de interferência consta três interferências, contudo, todas estas acontecem no mesmo lugar, mas em peças diferentes. Isto pode ser observado na Figura 51 e no relatório no Apêndice, pois há conflito na caixa 4"x2", na tubulação e na curva de 90°, todos estes itens no mesmo local.

Na fase de modelagem do Projeto Elétrico já se tinha percebido que havia uma tubulação de gás passando pelo piso, e nestes casos não se pode haver eletrodutos passando por cima ou abaixo deste tipo de tubulação, o recomendado é deixar 30 cm de afastamento, no mínimo. Contudo, foi apenas na fase de verificação

de interferências que foi possível perceber que havia este conflito. A solução para este caso é simples, basta afastar o ponto elétrico a uma distância recomendada de 30 cm.

**Figura 51 - Interferência Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico**



Fonte: Autor (2023).

O Projeto Preventivo Contra Incêndio não há uma grande quantidade de itens em um apartamento, são basicamente os pontos de aquecedor e fogão. Portanto, não houve uma quantidade considerável de interferências para serem expostas e analisadas.

#### **4.6.4 Discussão dos resultados**

Após fazer as análises de interferências e expor possíveis soluções para a compatibilização dos projetos, pôde-se perceber que o maior número de conflitos encontrados foi na verificação do Projeto Estrutural x Projeto Elétrico. Um dos conflitos observados na verificação de interferências entre tais projetos, foi referente a passagem de eletrodutos através das vigas acima da parede, e que para solucionar esta interferência é necessário um projeto de passagem de tubulação nas vigas.

Este é um problema recorrente em obras, pois muitas das vezes o projeto estrutural é executado sem prever a passagem de eletrodutos. Isto gera como consequência atrasos e retrabalhos em obra, uma vez que deverá ser demandado

trabalho para que seja feita a furação na viga. Uma outra consequência, é que estas furações em viga podem envolver questões de segurança da edificação, já que isto está relacionado com a capacidade de resistência da estrutura.

Os Projetos Hidrossanitário e Preventivo Contra Incêndio, também podem demandar projeto de furação em vigas, e isto deve ser feito de maneira que haja compatibilização entre eles. Em empresas que adotam a BIM, geralmente requerem o projeto de furação, onde cada projeto de antemão irá apresentar as furações necessárias, e isto será avaliado pelo projetista estrutural para poderem chegar na solução em que haja compatibilização e não envolva nenhum comprometimento com a segurança da edificação. Para isto, a utilização da plataforma BIM é essencial, pois a compatibilização ocorre durante o desenvolvimento dos projetos, o que levará a diminuição significativa de intercorrências na execução da obra.

As interferências analisadas do Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico e do Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico, foram conflitos com menores incidências e mais simples de serem solucionados. Basicamente o que deve ser feito é o reposicionamento das peças elétricas e um novo traçado para o eletroduto.

A seguir, no Quadro 24, tem-se o total de interferências para os projetos analisados.

**Quadro 24 - Quantitativo total de Interferências**

<b>Tipo de interferência</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Relação com o total</b>
Projeto Estrutural x Projeto Elétrico	74	67,27%
Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico	33	30,00%
Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico	3	2,73%
<b>Total de interferências</b>	<b>110</b>	<b>100%</b>

Fonte: Autor (2023).

Como já mencionado, muitas interferências foram já identificadas na fase de modelagem do projeto, através das vistas em corte, e em 3D. Sendo assim, pôde-se perceber a importância destes tipos de ferramentas que facilitaram o entendimento global dos projetos e como o projeto elétrico deveria ser modelado.

Pela plataforma BIM, tem-se a facilidade de verificação de interferências e compatibilização dos projetos em questão. Nos projetos em CAD 2D, há a separação de informações, como por exemplo, em vistas diferentes, cortes, detalhamentos,

arquivos separados, e entre outros aspectos. Por haver esta separação de informação, tem-se como consequência a dificuldade de detecção entre os projetos.

A ferramenta de geração de relatórios de interferência propiciou um menor gasto de tempo durante o processo de verificação e compatibilização. Com esta atividade sendo executada de forma automatizada e de forma confiável, tem-se uma grande vantagem ao se comparar com os projetos que utilizam do sistema CAD 2D.

#### 4.7 Questionário Avaliativo sobre a BIM

Como já mencionado na seção Metodologia, foi aplicado um questionário que pretende trazer uma perspectiva prática e validar a tecnologia BIM. No Quadro 25, estão as informações dos participantes que responderam ao questionário. Logo abaixo estão os resultados do questionário aplicado, com os gráficos das respostas e as observações pertinentes a cada uma.

**Quadro 25: Informações sobre os participantes do questionário**

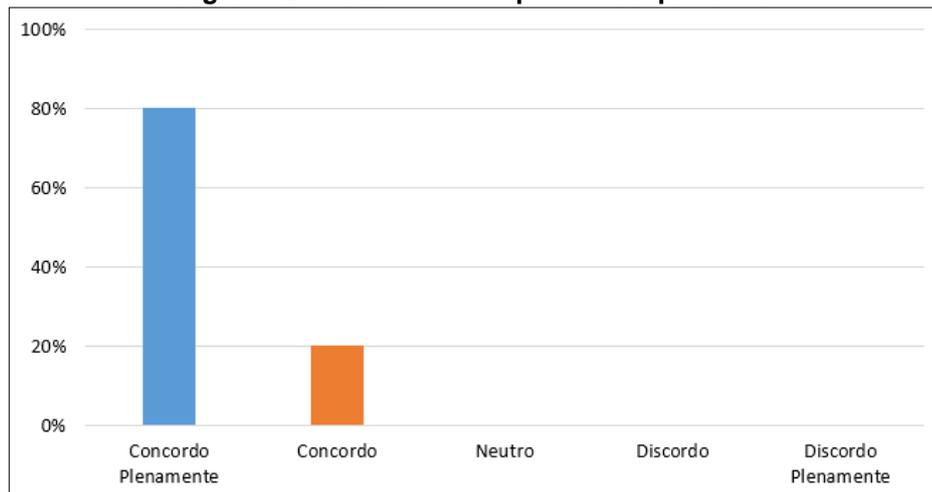
Participante	Formação Profissional	Cargo	Tempo em Experiência em Projetos de Instalações Elétricas
Participante 1	Superior Incompleto (Engenharia Elétrica)	Projetista	> 2 anos
Participante 2	Superior Incompleto (Engenharia Elétrica)	Projetista	> 3 anos
Participante 3	Superior Incompleto (Engenharia Civil)	Projetista	> 2 anos
Participante 4	Superior Incompleto (Arquitetura)	Projetista	> 3 anos
Participante 5	Superior Completo (Engenharia Elétrica)	Projetista	> 2 anos

Fonte: Autor (2023).

- 1) A BIM irá substituir cada vez mais a tecnologia de projetos em CAD (2D).

A concordância plena de 80 % e concordância de 20 %, corroboram que a tecnologia BIM irá substituir a tecnologia CAD 2D, progressivamente. Dentre os motivos para isso, pode-se citar algumas vantagens da BIM em relação à tecnologia CAD 2D, as quais são, precisão nos orçamentos, redução de retrabalhos e facilitação para profissionais que atuam na obra.

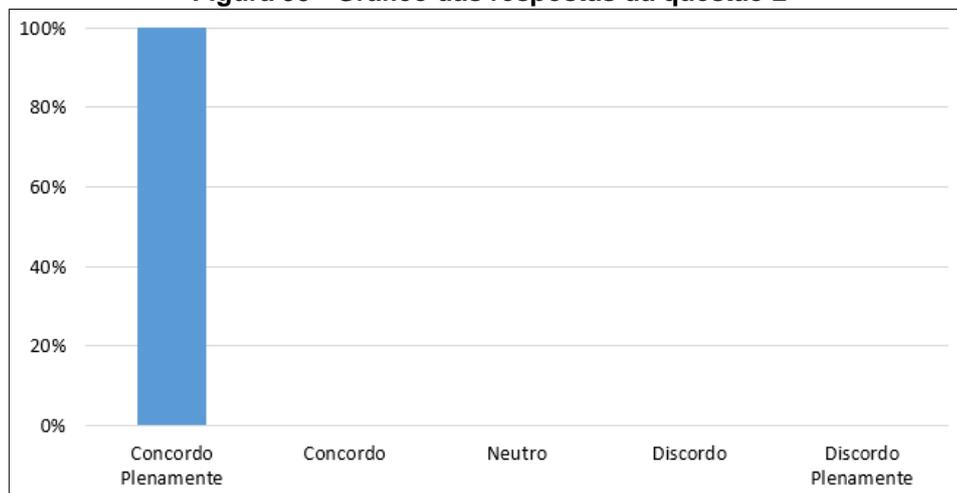
**Figura 52 - Gráfico das respostas da questão 1**



Fonte: Autor (2023).

- 2) Durante o desenvolvimento de um projeto utilizando BIM, a interação entre as equipes nas diversas disciplinas facilita o processo de tomada de decisão.

**Figura 53 - Gráfico das respostas da questão 2**



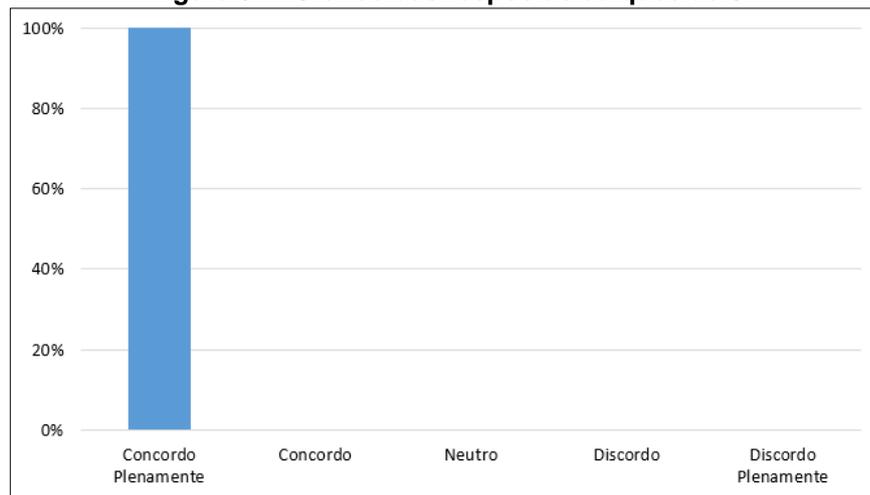
Fonte: Autor (2023).

Com a concordância plena de 100 % dos participantes, conclui-se que esta tecnologia facilita o processo de decisão em projeto, devido a possibilidade de interação com a equipe. Isto acontece, pois os diversos projetos de uma edificação podem estar sendo feitos ao mesmo tempo, e a cada nova modificação em um projeto, os demais projetistas podem observar em tempo real, e assim fazer seu projeto de forma adequada com os outros.

- 3) A BIM possibilita compatibilização entre disciplinas, e isso traz maior confiança nas soluções para as interferências entre as disciplinas do projeto.

Com a concordância plena de 100 % dos participantes, pode-se concluir que a compatibilização traz maior confiança nas soluções para as interferências entre disciplinas no projeto. Isso se deve principalmente a capacidade de visualização 3D, onde é possível observar com precisão como cada projeto deve ser modificado para solucionar o problema.

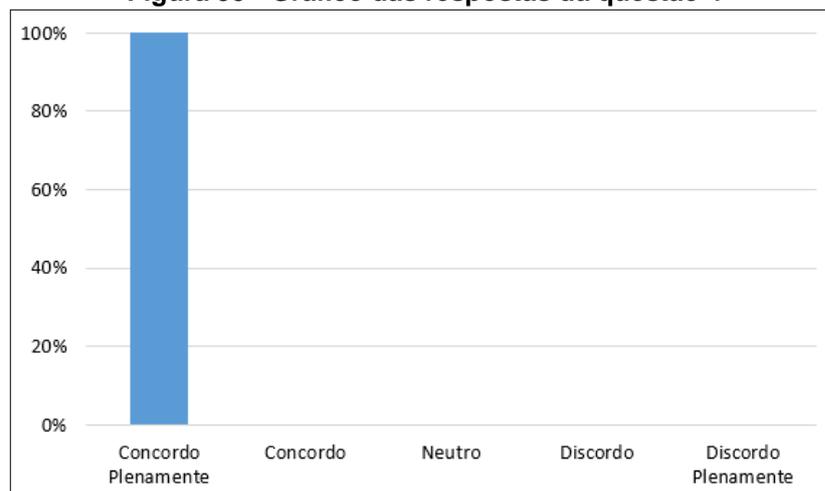
**Figura 54 - Gráfico das respostas da questão 3**



Fonte: Autor (2023).

- 4) A ferramenta de verificação de interferências é uma das grandes vantagens na utilização da BIM em desenvolvimentos de projetos.

**Figura 55 - Gráfico das respostas da questão 4**

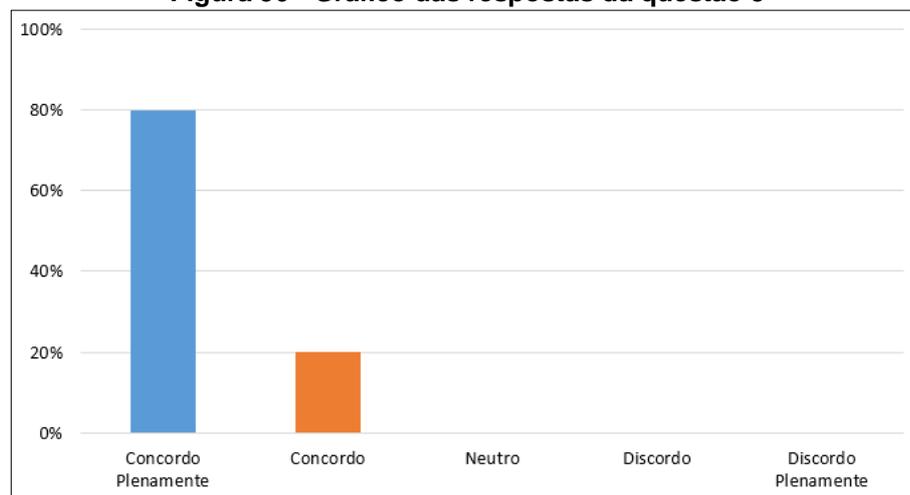


Fonte: Autor (2023).

Com a concordância plena de 100 % dos participantes, infere-se que a ferramenta de verificação de interferências é uma das grandes vantagens na utilização da BIM. Pois, fazendo isto automaticamente pelo *software*, evitam-se falhas humanas e o projeto ocorre em um tempo muito menor, além de permitir a futura compatibilização dos projetos onde foram encontradas as interferências.

- 5) Pelo fato da BIM permitir a visualização de múltiplos projetos (arquitetônico, hidráulico, elétrico, etc.) em 3D, o entendimento e a execução dos projetos na obra ficam facilitados.

**Figura 56 - Gráfico das respostas da questão 5**



Fonte: Autor (2023).

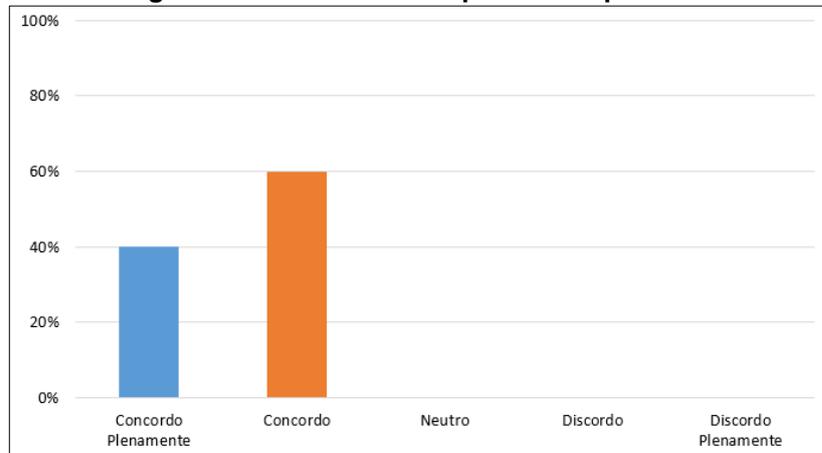
Com a concordância plena de 80 % e concordância de 20 %, pode-se constatar que o entendimento e a execução dos projetos na obra são facilitados. Isso se dá principalmente em razão das vistas 3D e em corte, onde também é possível fazer detalhamentos de partes onde tem-se maior complexidade.

- 6) Com a BIM consegue-se reunir todas as informações de projeto em apenas um ambiente, assim o fluxo de trabalho e a gestão das informações são melhorados.

Com a concordância plena de 40 % e concordância de 60 %, deduz-se que o fluxo de trabalho e a gestão de informações são melhorados. A razão pela qual isso acontece é a aplicação das demais dimensões BIM, onde planejamento,

cronogramas, orçamentos, fases de projeto e dentre outros aspectos irão permitir o melhoramento do fluxo de trabalho e a gestão da informação. No Brasil as demais aplicações das dimensões BIM ainda ocorrem em menor escala, podendo ser um fator da não concordância plena de 100 %.

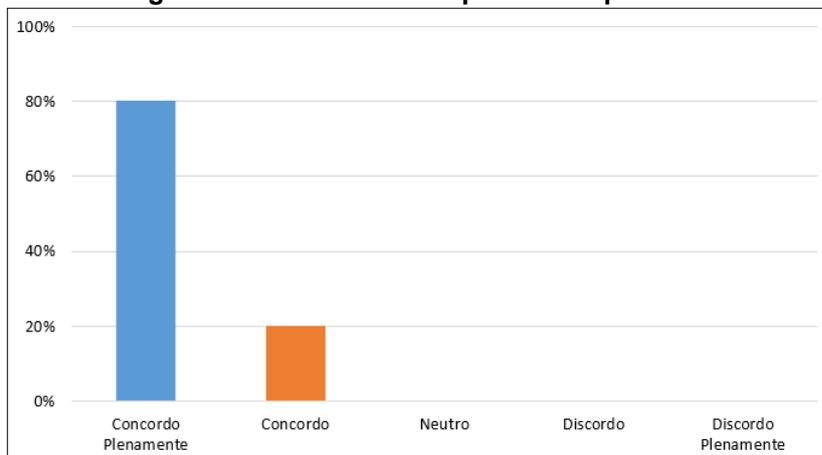
**Figura 57 - Gráfico das respostas da questão 6**



Fonte: Autor (2023).

- 7) A BIM possibilita a compatibilização entre os projetos de um empreendimento, permitindo detectar interferências entre projetos, e com isso, diminuir retrabalhos na obra.

**Figura 58 - Gráfico das respostas da questão 7**



Fonte: Autor (2023).

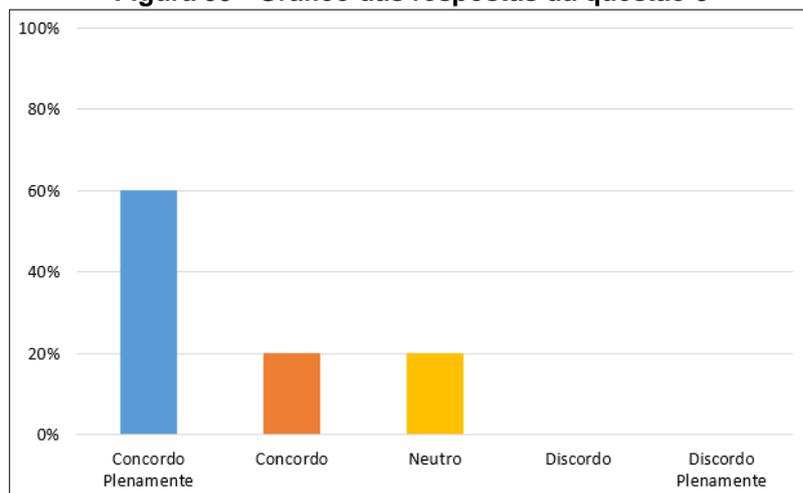
Com a concordância plena de 80 % e concordância de 20 %, infere-se que a BIM através da ferramenta de detecção de interferências diminui retrabalhos na

obra. Pois, é através desta ferramenta que as soluções para compatibilização entre projetos serão feitas.

8) A BIM traz mais lucro e eficiência no processo de construção da edificação.

Com a concordância plena de 60 %, concordância de 20 %, e 20 % neutra, pode-se deduzir que a BIM traz mais lucro e eficiência no processo de construção da edificação. Isto se deve ao fato da tecnologia permitir fazer orçamentos precisos, reduzir custos pelo não retrabalho, facilitar o entendimento do projeto, ter maior controle sobre o cronograma, e dentre outros aspectos. Contudo, como já mencionado, no Brasil tem-se uma cultura de priorização da construção, colocando os projetos em segundo plano. Sendo assim, pode-se concluir que mesmo os projetos feitos utilizando a plataforma BIM, a execução da obra não utiliza de todo seu potencial, acarretando em uma menor eficiência e lucro no processo de construção.

**Figura 59 - Gráfico das respostas da questão 8**



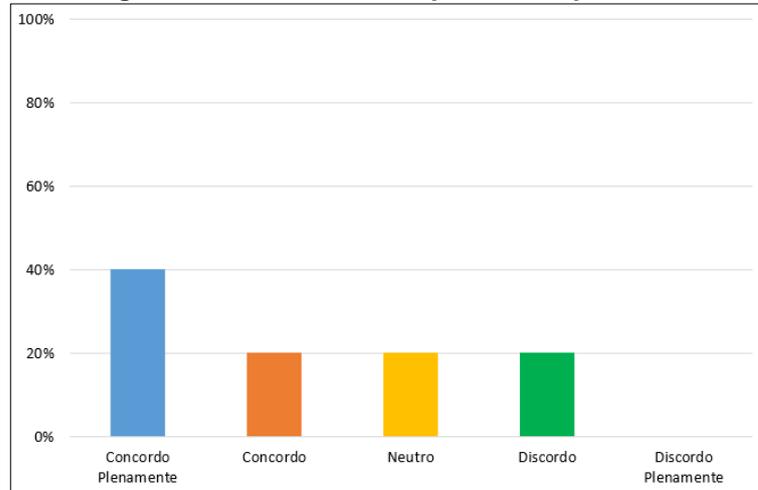
Fonte: Autor (2023).

9) A utilização da tecnologia BIM no desenvolvimento de projeto para um empreendimento exige mais tempo, se comparado ao método que utiliza CAD, e esse fato pode causar menor adesão de seu uso no mercado produtivo.

Havendo plena concordância em 40 %, concordância e neutralidade em 20 % cada, pode-se inferir que o tempo é um grande fator que ocasiona a menor adesão desta tecnologia no mercado produtivo. Em contrapartida, há uma resposta que

discorde da questão, ou seja, há outro, ou outros motivos que possam causar a menor adesão desta tecnologia no mercado produtivo, um dos possíveis motivos, e já comentado, é a resistência que as empresas têm com tecnologias novas.

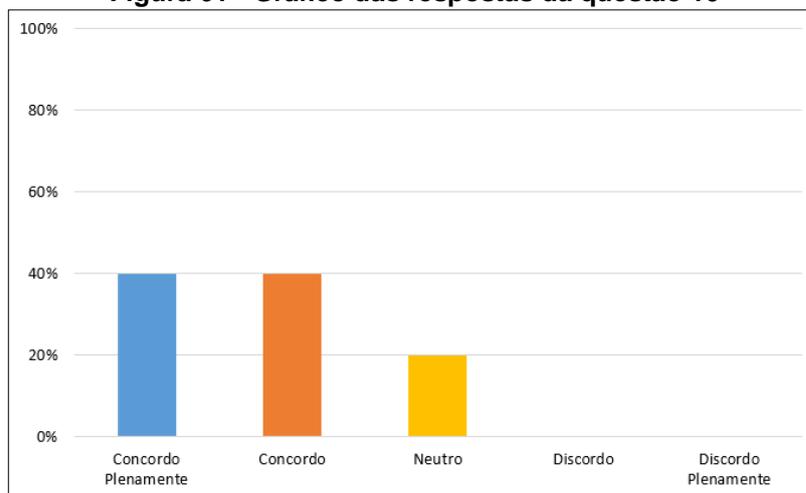
**Figura 60 - Gráfico das respostas da questão 9**



Fonte: Autor (2023).

10) O custo relacionado à utilização da BIM (*softwares* e treinamentos) é um fator que dificulta a adoção dessa tecnologia em maior escala que a atual.

**Figura 61 - Gráfico das respostas da questão 10**



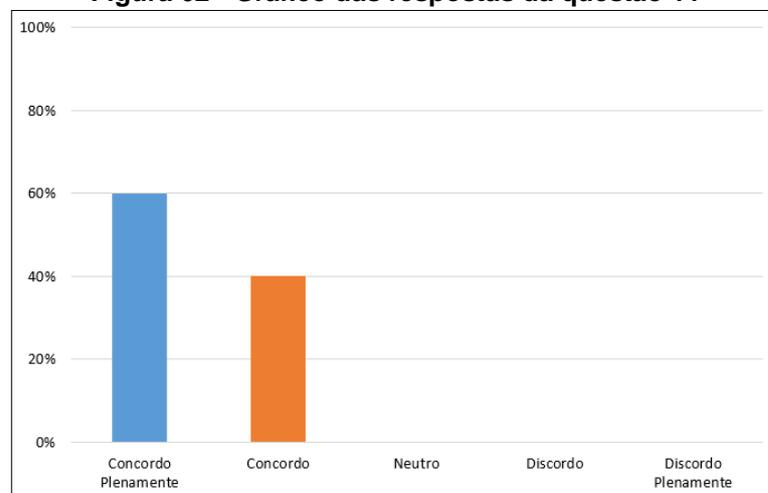
Fonte: Autor (2023).

Com a concordância plena de 40 %, concordância de 40 %, e 20 % neutra, pode-se concluir que os custos relacionados a utilização da BIM (*softwares* e treinamentos), pode ser um fator que dificulta a adoção desta tecnologia em maior

escala que a atual. O *software* Revit, utilizado na aplicação do estudo de caso por exemplo, tem seu custo avaliado em R\$ 10.000,00 por ano, sendo assim, percebe-se o alto valor dos *softwares* BIM. Semelhantemente acontece com os treinamentos, que apesar de variarem de acordo com o grau de complexidade do ensino e se é *online* ou presencial, podem chegar em valores em torno de R\$ 3.000,00 reais. Além deste, outros fatores podem ser considerados, como o custo mais elevado, e o maior tempo para desenvolvimento do projeto.

- 11) Pela BIM permitir o orçamento dos materiais que serão utilizados no projeto elétrico, com precisão, tem-se uma grande vantagem quando comparado a tecnologia convencional em CAD 2D.

**Figura 62 - Gráfico das respostas da questão 11**



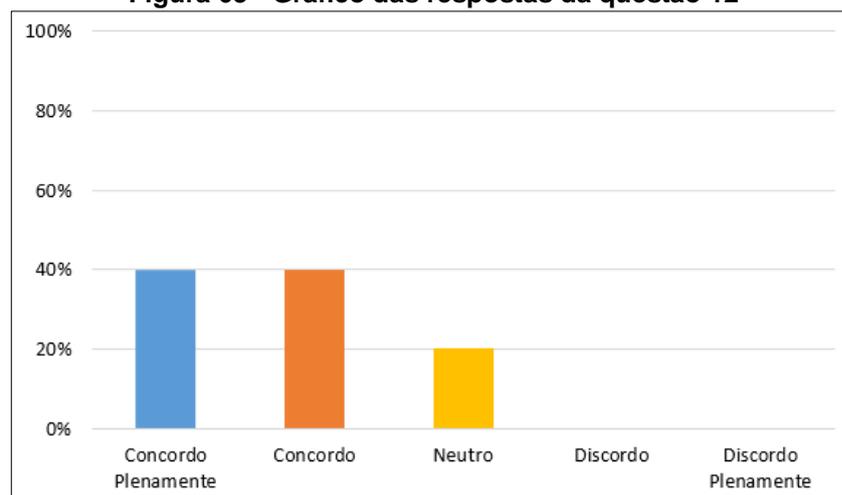
Fonte: Autor (2023).

Com a concordância plena de 60 % e concordância de 40 %, conclui-se que o orçamento preciso dos materiais, utilizando a BIM, é uma grande vantagem quando comparado com a tecnologia convencional CAD 2D. A razão disto se deve ao fato da quantificação de vários elementos que são somente linhas em CAD 2D, como por exemplo, orçamento de eletrodutos, fiação, conexões, entre outros.

- 12) O projeto elétrico feito em BIM é um grande facilitador para os profissionais que atuam em obra, quando comparado com os projetos convencionais em CAD 2D.

Com a concordância plena de 40 %, concordância de 40 %, e 20 % neutra, pode-se concluir que o projeto elétrico em BIM é um grande facilitador para os profissionais que atuam em obra, quando comparado com os projetos convencionais em CAD 2D. Os projetos elétricos em BIM, possuem uma riqueza de detalhes que facilitam sua execução na obra, detalhes como por exemplo, desvios, ligações, passagens, montagem, alocação de elementos e entre outros. O que pode ocorrer, como já mencionado, é a execução da obra não utilizar de todas as ferramentas que facilitam a construção.

Figura 63 - Gráfico das respostas da questão 12



Fonte: Autor (2023).

Em suma, pode-se inferir pelos resultados da aplicação do questionário, que a tecnologia BIM possui muitos aspectos vantajosos no seu uso. Deve-se destacar principalmente os pontos de compatibilização, facilitação da tomada de decisão produzido pela interação da equipe e maior confiança nas soluções para as interferências. Também se constata que esta tecnologia comparada com a tecnologia tradicional em CAD 2D, também possui pontos diferenciais e vantajosos, como por exemplo, permitir o orçamento dos materiais que serão utilizados na obra.

Percebe-se também, dois pontos desvantajosos no seu uso, o primeiro sendo o custo relacionado aos *softwares* e treinamentos, e o segundo, sendo que o projeto exige mais tempo para ser concluído. Apesar das desvantagens, entende-se que a tecnologia BIM irá substituir cada vez mais a tecnologia de projetos em CAD 2D.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a constante busca por novas tecnologias para o mercado de instalações elétricas, o sistema de distribuição de energia utilizando barramento blindado, e a BIM, tornam-se uma alternativa tecnológica que desperta interesse do mercado. Após estas tecnologias serem apresentadas e aplicadas em um estudo de caso prático, foi possível perceber e validar vários aspectos positivos que as tornam relevantes na área de projetos de instalações elétricas.

Foi através desta pesquisa, apresentando conceitos sobre ambos sistemas de distribuição de energia, que foi possível conhecer e analisar particularidades de cada um. Também foi possível observar aspectos que envolvem o mercado atual do sistema utilizando barramento blindado, o qual está numa crescente demanda, e tem-se como consequência a diminuição da utilização da tecnologia convencional.

Os comparativos técnico e econômico apontaram a utilização da tecnologia de barramento blindado, como a solução mais viável para ser o sistema de distribuição de energia do edifício em estudo. Além do fator econômico ter sido fundamental para a escolha, pois como visto, a tecnologia convencional teve custo cerca de 86 % maior, também houve o fator técnico, quanto ao espaço utilizado por ambos sistemas e suas respectivas quedas de tensão. Uma característica vantajosa do sistema por barramento blindado que ficou estabelecida no estudo, foi no espaço utilizado no pavimento térreo para os seus componentes, que foi 6,2 vezes menor do que o do sistema convencional. Na comparação entre quedas de tensão entre os sistemas, a tecnologia *busway* proporcionou queda de tensão cerca de 76% menor.

Os resultados desta pesquisa mostraram que o sistema de distribuição de energia elétrica para edifícios por barramento blindado, pode substituir o sistema convencional por cabos com melhor relação custo-benefício. Ainda que os resultados aqui apresentados tenham sido obtidos com base em um estudo de caso, tem-se a expectativa de que sejam generalistas, ou seja, resultados semelhantes podem ser obtidos para outros casos em que essa tecnologia seja implantada.

Através dos resultados do trabalho referentes à tecnologia BIM, é possível aferir que esta plataforma vem ganhando cada vez mais enfoque na área de projetos, devido suas ferramentas e facilidades. Algumas destas ferramentas foram colocadas em prática no estudo de caso, com destaque para a verificação de interferências e a vista em corte.

Ao final da aplicação da BIM no estudo de caso, foi possível analisar e expor as verificações de interferências, fazendo as observações necessárias para a compatibilização dos projetos.

No questionário sobre a BIM, pôde-se observar suas vantagens, que vão desde a compatibilização entre os diversos projetos, até maior eficiência e lucro no processo de construção da edificação. Em contraponto, notou-se também algumas desvantagens na sua utilização, como por exemplo o alto investimento em licenças de *softwares* e treinamentos de capacitação.

Entende-se também que a tecnologia tradicional em CAD 2D irá perder cada vez mais espaço no mercado produtivo, motivado pela ascensão dessa tecnologia. Dessa forma, a BIM se mostrou uma tecnologia de grande importância na área de projeto de instalações elétricas, revelando sua grande e crescente demanda no mercado atual.

Como sugestão de trabalhos futuros, considera-se a aplicação da tecnologia BIM para todo o empreendimento, fazendo sua modelagem e compatibilização de projetos.

## 6 REFERÊNCIAS

AECWEB. **Conheça as vantagens das instalações elétricas com barramento blindado.** 2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/conheca-as-vantagens-das-instalacoes-eletricas-com-barramento-blindado/16750>. Acesso em: 07 abr. 2022.

ALTO QI. QiBuilder. **Software de BIM multidisciplinar.** Disponível em: <https://altoqi.com.br/>. Acesso em: 26 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC 61439-6: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 46 p.

ATRIBI PROJETOS. **Escritório de engenharia,** Itapema, 2022.

AUTODESK. Revit. **Software de BIM multidisciplinar.** Versão 2020. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/>. Acesso em: 26 fev. 2022.

BEGHIM. **Barramento Blindado.** 2022. Disponível em: [https://www.beghim.com.br/\\_files/ugd/bbf8a1\\_09d85102e2c94dc1bf3da78ffb86411c.pdf](https://www.beghim.com.br/_files/ugd/bbf8a1_09d85102e2c94dc1bf3da78ffb86411c.pdf). Acesso em: 12 ago. 2022.

BELTRÃO, EMILY ALMEIDA. **Modelagem e Compatibilização de Projetos de Instalações Elétricas com o uso do BIM.** Salvador, 2015.

BIBLUS. **Softwares MEP: os mais usados pelos engenheiros.** Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/software-mep-os-mais-usados-pelos-engenheiros/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

BOMEISEL, CARLOS FREDERICO. **Barramento blindado.** 2015. Disponível em: <http://revistapotencia.com.br>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CALVERT, NEIL. **Why we care about BIM.** Disponível em <<https://www.directionsmag.com/article/1486/>>. Acesso em: 01 out. 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016.

CASARI. **Uma breve história dos Barramentos Blindados.** 2020. Disponível em: <<http://www.barramentosblindados.com.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **E-321.0003: Barramento Blindado (Busway).** Celesc, 2019. 36 p.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **E-321.0004: Caixas Para Aplicação Em Medição Descentralizada E Com Utilização De Barramento Blindado.** Celesc, 2016. 18 p.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **I-321.0039: Travessia De Vias Com Ramal Ou Rede De Distribuição.** Celesc, 2018. 32 p.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Comunicado nº 26 (Retificação) – Aplicação racional de medidores em Projetos Elétricos contendo telemedição e barramento blindado.** Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/comunicado26-retificacao-aplicacao-racional-medidores-telemedicao-barramento-blindado.pdf>. 2019. Acesso em: 07 abr. 2022.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **I-321.0037: Telemedição do Grupo B em Edifícios de Uso Coletivo.** Celesc, 2021. 22 p.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA. **NT – 03: Fornecimento de Energia Elétrica à edifícios de uso coletivo.** Celesc, 1997. 80 p.

CELESC. **Fabricantes Homologados (CHP) Barramento Blindado (bus-way).** Disponível em: < <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padraoentrada/lista-fabricantes-certificados-barramento-blindado>

BusWay.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2022.

CIGAME ELÉTRICOS E HIDRÁULICOS. **Cabo flexível cobre epr 90g 1kv 1x150 preto**. 2022. Disponível em: <<http://www.cigame.com.br/cabo-de-cobre-epr-flexivel-1kv-1x150/p>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

COTRIM, ADEMARO A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5ª edição. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 2009.

COMANDO PAINÉIS ELÉTRICOS. **Quadros Padrão Celesc**. 2022. Disponível em: <<https://www.comandopaineis.com.br/produtos-celesc>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CROTTY, RAY. **The Impact of Building Information Modelling**. SPON Press. Nova Iorque, 2012.

CUNHA, LÍVIA. **Barramentos blindados**. 2009. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

DARÓS, JOSÉ. **Guia Completo: BIM 5D Orçamentação**. 19 jun. 2019. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-5d-orcamento/>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

DELATORRE, JOYCE. **BIM na prática: Como uma empresa construtora pode fazer uso da tecnologia BIM**. 2011.

DESKGRAPHICS. **Do 3D ao 8D: Conheça as dimensões do BIM**. 01 set. 2021. Disponível em: <<https://blog.deskgraphics.com.br/do-3d-ao-8d-conheca-as-dimensoes-do-bim/>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

ERNSTROM, BILL ET AL. **The contractors' guide to BIM**. Arlington: Associated General Contractors of America. 2006.

EXCLUSIVA ENGENHARIA LTDA. **Prumada elétrica**. 2022. Disponível em: <<https://www.exclusivaengenharia.com.br/prumada-eletrica>>. Acesso em: 07 abr.

2022.

FISCHMANN, VICTOR; BOMEISEL, EDUARDO. Instalações elétricas prediais com barramento blindado. **Revista Técnica**. São Paulo, nº 47, p. 68-71, jul/ago. 2000. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1997.

GARIBALDI, BÁRBARA CRISTINA BLANK. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM**. 08 jan. 2020. Disponível em: [https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/#:~:text=As%20dimens%C3%B5es%20da%20metodologia%20BIM,%207D%20%E2%80%93%20gest%C3%A3o%20de%20instala%C3%A7%C3%B5es](https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/#:~:text=As%20dimens%C3%B5es%20da%20metodologia%20BIM,%207D%20%E2%80%93%20gest%C3%A3o%20de%20instala%C3%A7%C3%B5es.). Acesso em: 28 fev. 2022.

GIMI POGLIANO. **Barramento blindado Bus-way: por que instalar?**. 2021. Disponível em: <https://www.gimipogliano.com.br/barramento-blindado-bus-way-por-que-instalar/>. Acesso em: 07 abr. 2022.

GONZAGA, AMANDA. **Conheça as 7 dimensões do BIM e suas vantagens**. 14 jun. 2021. Disponível em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/dimensoes-do-bim/>. Acesso em: 28 fev. 2023.

IGNIS ENGENHARIA LEGAL. **Introdução Histórico e Softwares BIM**. 2022. Disponível em: <https://www.ignisengenharia.com.br/index.php/it/pages/item/43-a-importancia-do-bim-na-industria-da-construcao-civil>. Acesso em: 07 abr. 2022.

IMOBILIÁRIA MORETTI. **Maria Carolina Residence**. 2022. Disponível em: <https://imobiliariamoretti.com.br/imoveis/maria-carolina-residence/>. Acesso em: 07 abr. 2022.

INDUSCABOS CONDUTORES ELÉTRICOS. **Cabo Indusolar Flex (0,6/1kV ac – 1,8kV cc)**. 2022. Disponível em: <https://www.induscabos.com.br/portfolio-item/cabo-indusolarflex-2-2/>. Acesso em: 07 abr. 2022.

KEMP. **Projetos em BIM: entenda o que são e como compatibilizar os processos.** 2022. Disponível em: <<https://kemp.com.br/noticias/projetos-em-bim-entenda-o-que-sao-e-como-compatibilizar-os-processos/>> Acesso em: 07 abr. 2022.

LEROY MERLIN. **Loja de Construção, Acabamento, Decoração e jardinagem.** 2022. Disponível em: <[https://www.leroymerlin.com.br/?gclid=CjwKCAjwqJSaBhBUEiwAg5W9pxOGah4WEN8T7TFM6AmSR\\_UIAf1tVHjACpTzG2Bme17zKncKI1XsxoC0BUQAvD\\_BwE](https://www.leroymerlin.com.br/?gclid=CjwKCAjwqJSaBhBUEiwAg5W9pxOGah4WEN8T7TFM6AmSR_UIAf1tVHjACpTzG2Bme17zKncKI1XsxoC0BUQAvD_BwE)>. Acesso em: 11 out. 2022.

LOJA ELÉTRICA. **Loja Elétrica Ltda.** 2022. Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

MACHADO, ROBERTO. **Projetos elétricos.** 1ª ed. São Paulo: Érica, 2017.

MALHOTRA, NARESH. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MAMEDE FILHO, JOÃO. **Instalações elétricas industriais.** 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 2017.

MANZIONE, LEONARDO. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** 343 f. Tese - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle.** São Paulo, 1995.

MENDONÇA, JOSÉ ANTONIO. **Barramento blindado.** 2015. Disponível em: <<http://revistapotencia.com.br>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

ORCAFASCIO. **Conheça as 7 dimensões do BIM e suas vantagens.** 14 jun. 2021. Disponível em: <<https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/dimensoes-do-bim/>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

PRYSMIAN. **Cabos Energia - Construção e Dimensionamento**. Disponível em: <<https://br.prysmiangroup.com/pt/ferramentas>>. Acesso em: 12 out. 2022.

RACE, STEVE. **Bim Demystified**. Riba Publishing Ltd, London 2013. 159 p.

RENATEC. **Renatec Quadros Elétricos**. 2022. Disponível em: <<http://renatec.ind.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

RIBEIRO, ELISA. **A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa**. Centro Universitário do Planalto de Araxá. Araxá, 2008.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **Construtibilidade no processo de projeto de edificações**. Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção, 2003, São Carlos. Anais... São Carlos: SIBRAGEQ, 2003. p. 355-366.

ZIMMERMANN, BRUNO LEONARDO SCHMITZ. **Características e vantagens da aplicação do barramento blindado em comparação ao sistema de cabeamentos**. Ponta Grossa, 2019.

WEG. **Barramentos Blindados de Baixa Tensão**. 2022. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h28/h56/WEG-50066627-barramentos-blindados-de-baixa-tensao-BWW-pt.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

## ANEXOS

## ANEXO A - Condutores, Proteção e Eletrodutos das Unidades Consumidoras (380/220 V)

Tensão de Fornecimento	Tipo de Fornecimento	Potência Total Instalada (kW)	Número de		Proteção Geral Disjuntor (A)	CONDUTORES		Eletroduto do QM ao CD	
			Fases	Fios		Barramento ao CD da Unidade Consumidora	Condutor de Proteção (Aterramento)	PVC Rígido	
								Cobre (mm <sup>2</sup> )	
380 V / 220 V	A1	ATÉ 6	1	2	30	6	6	25	¾
	A2	ACIMA DE 6 ATÉ 8	1	2	40	10	10	25	¾
	A3	ACIMA DE 8 ATÉ 11	1	2	50	10	10	25	¾
	A4	ACIMA DE 11 ATÉ 13	1	2	60	16	16	25	¾
	A5	ACIMA DE 13 ATÉ 15	1	2	70	16	16	25	¾
	B1	ACIMA DE 15 ATÉ 20	2	3	50	10	10	32	1
	B2	ACIMA DE 20 ATÉ 25	2	3	60	16	16	32	1
	C1	ATÉ 25	3	4	30	6	6	32	1
	C2	ACIMA DE 25 ATÉ 30	3	4	40	10	10	32	1
	C3	ACIMA DE 30 ATÉ 35	3	4	50	10	10	32	1
	C4	ACIMA DE 35 ATÉ 40	3	4	60	16	16	40	1 ¼
	C5	ACIMA DE 40 ATÉ 50	3	4	70	25	16	40	1 ¼
	C6	ACIMA DE 50 ATÉ 65	3	4	100	35	16	50	1 ½
	C7	ACIMA DE 65 ATÉ 75	3	4	125	50	25	60	2

Fonte: NT-03 (1997).

## ANEXO B - Cálculo de demanda dos apartamentos em função das áreas

ÁREA kVA m <sup>2</sup>															
	51	1,18	101	2,17	151	3,12	201	4,03	251	4,91	301	5,78	351	6,63	
	52	1,20	102	2,19	152	3,13	202	4,04	252	4,93	302	5,80	352	6,65	
	53	1,22	103	2,21	153	3,15	203	4,06	253	4,95	303	5,81	353	6,66	
	54	1,24	104	2,23	154	3,17	204	4,08	254	4,96	304	5,83	354	6,68	
	55	1,26	105	2,25	155	3,19	205	4,10	255	4,98	305	5,85	355	6,70	
	56	1,28	106	2,27	156	3,21	206	4,12	256	5,00	306	5,86	356	6,72	
	57	1,30	107	2,29	157	3,23	207	4,13	257	5,02	307	5,88	357	6,73	
	58	1,32	108	2,31	158	3,25	208	4,15	258	5,03	308	5,90	358	6,75	
	59	1,34	109	2,33	159	3,26	209	4,17	259	5,05	309	5,92	359	6,77	
	60	1,36	110	2,35	160	3,28	210	4,19	260	5,07	310	5,93	360	6,78	
	61	1,38	111	2,37	161	3,30	211	4,20	261	5,09	311	5,95	361	6,80	
	62	1,40	112	2,39	162	3,32	212	4,22	262	5,10	312	5,97	362	6,82	
	63	1,43	113	2,40	163	3,34	213	4,24	263	5,12	313	5,98	363	6,83	
	64	1,45	114	2,42	164	3,36	214	4,26	264	5,14	314	6,00	364	6,85	
	65	1,47	115	2,44	165	3,37	215	4,28	265	5,16	315	6,02	365	6,87	
	66	1,49	116	2,46	166	3,39	216	4,29	266	5,17	316	6,04	366	6,88	
	67	1,51	117	2,48	167	3,41	217	4,31	267	5,19	317	6,05	367	6,90	
	68	1,53	118	2,50	168	3,43	218	4,33	268	5,21	318	6,07	368	6,92	
	69	1,55	119	2,52	169	3,45	219	4,35	269	5,23	319	6,09	369	6,93	
20	1,00	70	1,57	120	2,54	170	3,47	220	4,36	270	5,24	320	6,10	370	6,95
21	1,00	71	1,59	121	2,56	171	3,48	221	4,38	271	5,26	321	6,12	371	6,97
22	1,00	72	1,61	122	2,57	172	3,50	222	4,40	272	5,28	322	6,14	372	6,98
23	1,00	73	1,63	123	2,59	173	3,52	223	4,42	273	5,29	323	6,16	373	7,00
24	1,00	74	1,65	124	2,61	174	3,54	224	4,44	274	5,31	324	6,17	374	7,02
25	1,00	75	1,67	125	2,63	175	3,56	225	4,45	275	5,33	325	6,19	375	7,03
26	1,00	76	1,69	126	2,65	176	3,57	226	4,47	276	5,35	326	6,21	376	7,05
27	1,00	77	1,71	127	2,67	177	3,59	227	4,49	277	5,36	327	6,22	377	7,07
28	1,00	78	1,73	128	2,69	178	3,61	228	4,51	278	5,38	328	6,24	378	7,09
29	1,00	79	1,75	129	2,71	179	3,63	229	4,52	279	5,40	329	6,26	379	7,10
30	1,00	80	1,76	130	2,73	180	3,65	230	4,54	280	5,42	330	6,27	380	7,12
31	1,00	81	1,78	131	2,74	181	3,67	231	4,56	281	5,43	331	6,29	381	7,14
32	1,00	82	1,80	132	2,76	182	3,68	232	4,58	282	5,45	332	6,31	382	7,15
33	1,00	83	1,82	133	2,78	183	3,70	233	4,59	283	5,47	333	6,33	383	7,17
34	1,00	84	1,84	134	2,80	184	3,72	234	4,61	284	5,49	334	6,34	384	7,19
35	1,00	85	1,86	135	2,82	185	3,74	235	4,63	285	5,50	335	6,36	385	7,20
36	1,00	86	1,88	136	2,84	186	3,76	236	4,65	286	5,52	336	6,38	386	7,22
37	1,00	87	1,90	137	2,86	187	3,77	237	4,67	287	5,54	337	6,39	387	7,24
38	1,00	88	1,92	138	2,88	188	3,79	238	4,68	288	5,55	338	6,41	388	7,25
39	1,00	89	1,94	139	2,89	189	3,81	239	4,70	289	5,57	339	6,43	389	7,27
40	1,00	90	1,96	140	2,91	190	3,83	240	4,72	290	5,59	340	6,44	390	7,29
41	1,00	91	1,98	141	2,93	191	3,85	241	4,74	291	5,61	341	6,46	391	7,30
42	1,00	92	2,00	142	2,95	192	3,86	242	4,75	292	5,62	342	6,48	392	7,32
43	1,01	93	2,02	143	2,97	193	3,88	243	4,77	293	5,64	343	6,50	393	7,34
44	1,03	94	2,04	144	2,99	194	3,90	244	4,79	294	5,66	344	6,51	394	7,35
45	1,05	95	2,06	145	3,01	195	3,92	245	4,81	295	5,68	345	6,53	395	7,37
46	1,08	96	2,08	146	3,02	196	3,94	246	4,82	296	5,69	346	6,55	396	7,39
47	1,10	97	2,10	147	3,04	197	3,95	247	4,84	297	5,71	347	6,56	397	7,40
48	1,12	98	2,12	148	3,06	198	3,97	248	4,86	298	5,73	348	6,58	398	7,42
49	1,14	99	2,14	149	3,08	199	3,99	249	4,88	299	5,74	349	6,60	399	7,44
50	1,16	100	2,16	150	3,10	200	4,01	250	4,89	300	5,76	350	6,61	400	7,45

Fonte: NT-03 (1997).

ANEXO C - Fatores para diversificação de carga em função da quantidade de apartamentos

Nº APTO	FDIV										
01	1,00	51	35,90	101	63,59	151	74,74	201	80,89	251	82,73
02	1,96	52	36,46	102	63,84	152	74,89	202	80,94	252	82,74
03	2,92	53	37,02	103	64,09	153	75,04	203	80,89	253	82,75
04	3,88	54	37,58	104	64,34	154	75,19	204	81,04	254	82,76
05	4,84	55	38,14	105	64,59	155	75,34	205	81,09	255	82,77
06	5,80	56	38,70	106	64,84	156	75,49	206	81,14	256	82,78
07	6,76	57	39,26	107	65,09	157	75,64	207	81,19	257	82,79
08	7,72	58	39,82	108	65,34	158	75,79	208	81,24	258	82,80
09	8,68	59	40,38	109	65,59	159	75,94	209	81,29	259	82,81
10	9,64	60	40,94	110	65,84	160	76,09	210	81,34	260	82,82
11	10,42	61	41,50	111	66,09	161	76,24	211	81,39	261	82,83
12	11,20	62	42,05	112	66,34	162	76,39	212	81,44	262	82,84
13	11,98	63	42,62	113	66,59	163	76,54	213	81,49	263	82,85
14	12,76	64	43,18	114	66,84	164	76,69	214	81,54	264	82,86
15	13,54	65	43,74	115	67,09	165	76,84	215	81,59	265	82,87
16	14,32	66	44,30	116	67,34	166	76,99	216	81,64	266	82,88
17	15,10	67	44,86	117	67,59	167	77,14	217	81,69	267	82,89
18	15,88	68	45,42	118	67,84	168	77,29	218	81,74	268	82,90
19	16,66	69	45,98	119	68,09	169	77,44	219	81,79	269	82,91
20	17,44	70	46,54	120	68,34	170	77,59	220	81,84	270	82,92
21	18,04	71	47,10	121	68,59	171	77,74	221	81,89	271	82,93
22	18,65	72	47,66	122	68,84	172	77,89	222	81,94	272	82,94
23	19,25	73	48,22	123	69,09	173	78,04	223	81,99	273	82,95
24	19,86	74	48,78	124	69,34	174	78,19	224	82,04	274	82,96
25	20,46	75	49,34	125	69,59	175	78,34	225	82,09	275	82,97
26	21,06	76	49,90	126	69,79	176	78,44	226	82,12	276	83,00
27	21,67	77	50,46	127	69,99	177	78,54	227	82,14		
28	22,27	78	51,02	128	70,19	178	78,64	228	82,17		
29	22,88	79	51,58	129	70,39	179	78,74	229	82,19		
30	23,48	80	52,14	130	70,59	180	78,84	230	82,22		
31	24,08	81	52,70	131	70,79	181	78,94	231	82,24		
32	24,69	82	53,26	132	70,99	182	79,04	232	82,27		
33	25,29	83	53,82	133	71,19	183	79,14	233	82,29		
34	25,90	84	54,38	134	71,39	184	79,24	234	82,32		
35	26,50	85	54,90	135	71,59	185	79,34	235	82,34		
36	27,10	86	55,50	136	71,79	186	79,44	236	82,37		
37	27,71	87	56,06	137	71,99	187	79,54	237	82,39		
38	28,31	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,42		
39	28,92	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,44		
40	29,52	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,47		
41	30,12	91	58,30	141	72,79	191	79,94	241	82,49		
42	30,73	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,52		
43	31,33	93	59,42	143	73,19	193	80,14	243	82,54		
44	31,94	94	59,98	144	73,39	194	80,24	244	82,57		
45	32,54	95	60,54	145	73,59	195	80,34	245	82,59		
46	33,10	96	61,10	146	73,79	196	80,44	246	82,62		
47	33,66	97	61,66	147	73,99	197	80,54	247	82,64		
48	34,22	98	62,22	148	74,19	198	80,64	248	82,67		
49	34,78	99	62,78	149	74,39	199	80,74	249	82,69		
50	35,34	100	63,34	150	74,59	200	80,84	250	82,72		

Fonte: NT-03 (1997).

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Relatório de interferências Projeto Estrutural x Projeto Elétrico

	A	B
1	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8634873	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
2	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8634892	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
3	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703968	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT101 : ID 288685
4	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8864761	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697
5	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704795	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697
6	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704812	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697
7	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704814	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288697
8	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8864761	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288698
9	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704623	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288698
10	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704639	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288698
11	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704641	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288698
12	Luminárias : Caixa Octogonal : 100 VA - Marca 4950 : ID 8230815	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
13	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8634873	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
14	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643935	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
15	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8700850	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
16	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703870	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
17	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703927	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
18	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703959	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
19	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703970	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700

20	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704009	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
21	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704018	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
22	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704019	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
23	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704022	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
24	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704030	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
25	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704032	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
26	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704036	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
27	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704089	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
28	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9704105	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
29	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704107	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288700
30	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643516	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288701
31	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643528	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288701
32	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8643537	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT108 : ID 288701
33	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665128	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT111 : ID 288713
34	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665144	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT111 : ID 288713
35	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8665146	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT111 : ID 288713
36	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8675282	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
37	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8675296	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
38	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8675421	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
39	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8700653	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
40	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703474	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
41	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703491	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726

42	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703493	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
43	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703497	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
44	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703541	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
45	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703560	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
46	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703562	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288726
47	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8660959	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
48	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8660975	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
49	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8660977	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
50	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8699961	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
51	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8699983	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
52	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8699985	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
53	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8700024	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
54	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703088	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
55	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703109	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
56	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703111	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
57	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703311	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
58	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9703327	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
59	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9703329	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
60	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9713334	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
61	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9713345	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
62	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9713360	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT116 : ID 288727
63	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665595	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746

64	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665619	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746
65	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8665626	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746
66	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665776	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746
67	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665779	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746
68	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8665780	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT123 : ID 288746
69	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643727	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288748
70	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643743	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288748
71	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 8643745	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288748
72	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665128	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288749
73	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665595	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288749
74	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8665776	Estrutural.RVT : Quadro estrutural : VT124 : ID 288749
<b>Fim do relatório de interferência</b>		

Fonte: Autor (2023).

#### APÊNDICE B - Relatório de interferências Projeto Hidrossanitário x Projeto Elétrico

	A	B
1	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654000	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7284653
2	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654182	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7284653
3	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654000	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7284673
4	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654182	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7284673
5	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8651664	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Reforçada : ID 7285555

6	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8653999	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Reforçada : ID 7286271
7	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654184	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Reforçada : ID 7286271
8	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8643935	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7286890
9	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8874447	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7286890
10	Conexões do conduite : Curva conduite - Laranja : ID 9704521	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7286890
11	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8663779	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7294273
12	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8663766	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7294301
13	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8672030	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Esgoto - Série Normal : ID 7299540
14	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8656376	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7405692
15	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8654708	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7406430
16	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8655767	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7407523
17	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8655767	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7407531
18	Caixa - 4"x2" : ID 8660136	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7408348
19	Caixa - 4"x2" : ID 8660136	Hidrossanitario.rvt : Conexões de tubo : Joelho 90 de Transicao - Aquatherm - Agua Quente - MEP - Tigre : Standard : ID 7408367
20	Caixa - 4"x2" : ID 8614187	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7409279
21	Caixa - 4"x2" : ID 8614187	Hidrossanitario.rvt : Conexões de tubo : Joelho 90 de Transicao - Aquatherm - Agua Quente - MEP - Tigre : Standard : ID 7409281

22	Caixa - 4"x2" : ID 8614188	Hidrossanitario.rvt : Conexões de tubo : Joelho 90 de Transicao - Aquatherm - Agua Quente - MEP - Tigre : Standard : ID 7409281
23	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8640070	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7411584
24	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8639577	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7411605
25	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8639577	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7411607
26	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8666415	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7414511
27	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8667572	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7414516
28	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8666796	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7414558
29	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8666796	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7414560
30	Caixa - 4"x2" : ID 8670251	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo - Água Quente - Aquatherm : ID 7415183
31	Caixa - 4"x2" : ID 8670251	Hidrossanitario.rvt : Conexões de tubo : Joelho 90 de Transicao - Aquatherm - Agua Quente - MEP - Tigre : Standard : ID 7415185
32	Tampa cega : ID 8670252	Hidrossanitario.rvt : Conexões de tubo : Joelho 90 de Transicao - Aquatherm - Agua Quente - MEP - Tigre : Standard : ID 7415185
33	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 9419826	Hidrossanitario.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Tubo Marrom - Soldável : ID 7430843
<b>Fim do relatório de interferência</b>		

Fonte: Autor (2023).

APÊNDICE C - Relatório de interferências Projeto Preventivo Contra Incêndio x Projeto Elétrico

	A	B
1	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8642827	PPCI.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Cobre - Classe - A : ID 3660757
2	Caixa 4"x2" : ID 8594059	PPCI.rvt : Tubulação : Tipos de tubos : Cobre - Classe - A : ID 3660759
3	Conduites : Eletroduto Flex. Corrugado reforçado - Laranja : ID 8642827	PPCI.rvt : Conexões de tubo : Joelho 45_90 - Cobre : Joelho 45_90 - Cobre : ID 3660761
<b>Fim do relatório de interferência</b>		

Fonte: Autor (2023).