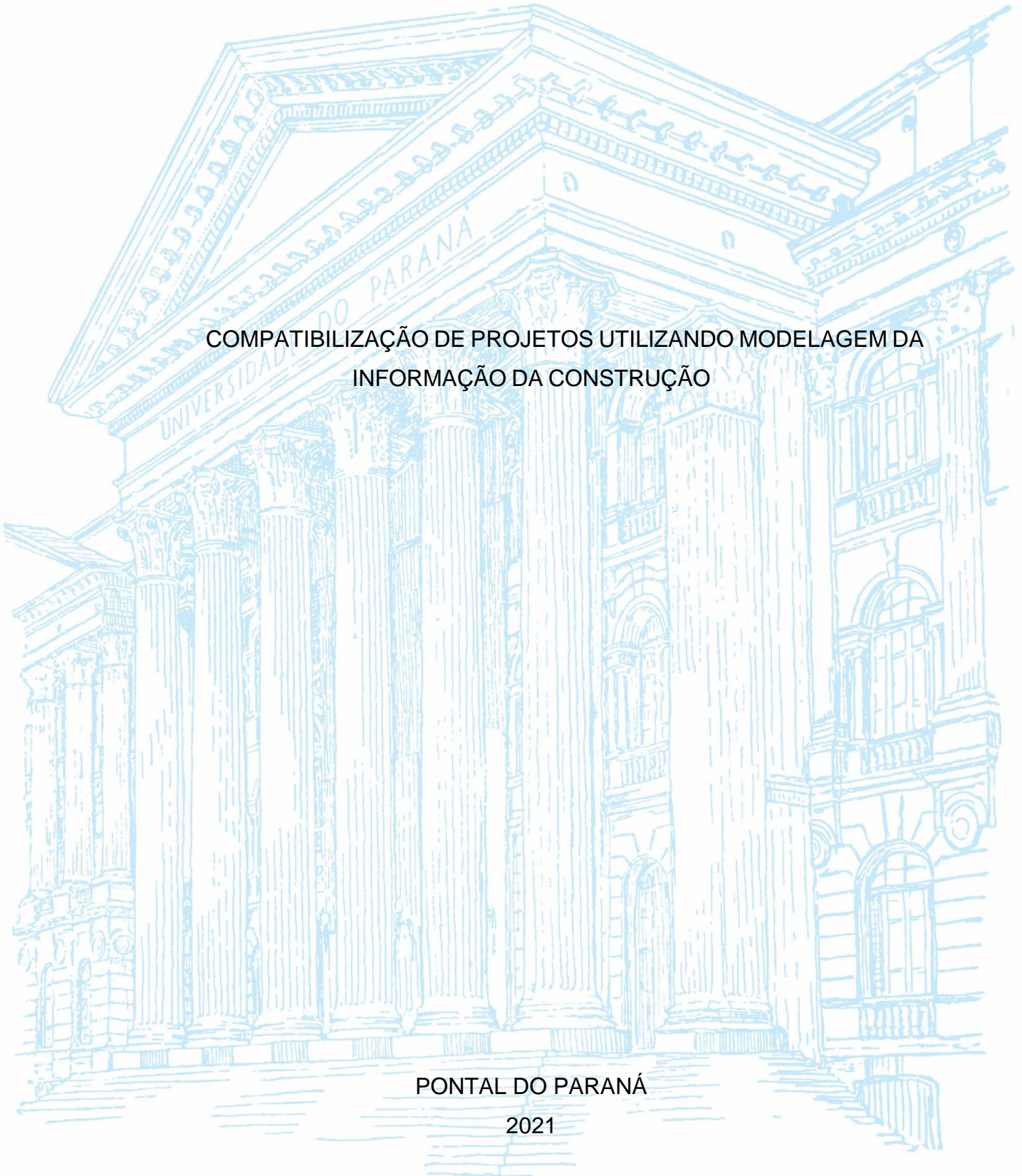


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
GIOVANNI CARVALHO DE OLIVEIRA

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO MODELAGEM DA  
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

PONTAL DO PARANÁ

2021



GIOVANNI CARVALHO DE OLIVEIRA

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO MODELAGEM DA  
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Dr. Henrique Machado Kroetz

PONTAL DO PARANÁ

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Giovanni Carvalho de Oliveira

**“COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO MODELAGEM DA  
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO”**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Henrique Machado Kroetz  
Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Carlos Eduardo Rossigali  
CPP-CEM - UFPR

Profa. Dra. Cíntia Miua Maruyama  
CPP-CEM - UFPR

Pontal do Paraná, 13 de dezembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **HENRIQUE MACHADO KROETZ, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2021, às 18:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS EDUARDO ROSSIGALI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2021, às 18:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei



Documento assinado eletronicamente por **CINTIA MIUA MARUYAMA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2021, às 19:04, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

---



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4112292** e o código CRC **8D14D7C2**.

---

GIOVANNI CARVALHO DE OLIVEIRA

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO MODELAGEM DA  
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil do Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Dr. Henrique Machado Kroetz

PONTAL DO PARANÁ

2021

## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe e minha irmã, por estarem ao meu lado em todos os momentos, me dando força, incentivo e motivação.

A minha companheira, pelo apoio, carinho e compreensão em todos os momentos ao longo da faculdade.

Ao meu professor e orientador Henrique Machado Kroetz por ter aceito o desafio de me orientar, sempre com muita paciência, atenção e dedicação.

A todos os meus amigos e colegas que ao longo desses anos de faculdade tive o prazer de conhecer e que de alguma maneira me ajudaram durante toda a caminhada.

“Um abraço pro gaiteiro.” (Autor desconhecido).

## RESUMO

Esta monografia tem como objetivo aplicar a metodologia BIM (Modelagem da informação da construção) na compatibilização de projetos. Para isto, buscando a identificação e análise das interferências em um modelo BIM, foi feito um estudo de caso. Em um primeiro momento foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os principais conceitos relacionados com a modelagem de informação na construção. Em um segundo momento a revisão bibliográfica buscou conceitos referentes a projetos e a compatibilização de projetos na construção civil. Na etapa seguinte foi feito um estudo de caso onde foram identificadas e classificadas as interferências encontradas entre os projetos arquitetônico, elétrico, estrutural e hidrossanitário de uma edificação residencial multifamiliar. Ao final, foi realizada uma análise a respeito dos processos de compatibilização e discussão dos resultados, onde foi possível verificar que os projetos hidrossanitário e estrutural tem maior influência na compatibilização.

**Palavras-chave:** modelagem da informação da construção; compatibilização de projetos; interferências entre projetos.



## ABSTRACT

This monograph aims to apply the BIM (Building Information Modeling) methodology in project compatibility. For this, seeking the identification and analysis of interferences in a BIM model, a case study was carried out. At first, a bibliographic research conducted out on the main concepts related to information modeling in construction. In a second moment, a bibliographical review looked for concepts related to design and the compatibility of projects in civil construction. In the next step, a case study was carried out, where they were identified and classified as interferences found between the architectural, electrical, structural and sanitary projects of a multifamily residential building. At the end, an analysis was carried out regarding the compatibility processes and discussion of the results, where it was possible to verify that the hydro-sanitary and structural projects have a greater influence on the compatibility.

**Keywords:** building information modeling; project compatibility; interferences between projects.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – PROJETOS NECESSÁRIOS PARA UMA EDIFICAÇÃO.....	21
Figura 2 – COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS .....	23
Figura 3 - DIMENSÕES BIM .....	25
Figura 4 – IMAGEM DE PROJETO SENDO MODELADO NO REVIT .....	28
Figura 5 – IMAGEM DE PROJETO SENDO MODELADO NO ARCHICAD.....	29
Figura 6 – PROJETO SENDO MODELADO NO EBERICK .....	30
Figura 7 – PRÉDIO RESIDENCIAL COMPATIBILIZADO .....	30
Figura 8 – PROJETO ESTRUTURAL NO TQS .....	31
Figura 9 - MODELO 3D SEM ESCALA .....	33
Figura 10 - APARTAMENTO TIPO SEM ESCALA.....	34
Figura 11 - CORTE A-A SEM ESCALA.....	35
Figura 12 - CORTE B-B SEM ESCALA.....	36
Figura 13 - MODELO 3D DE PROJETO ESTRUTURAL .....	37
Figura 14 - PLANTA DE FORMA SEM ESCALA .....	38
Figura 15 - FORMAS DO PAVIMENTO SUPERIOR SEM ESCALA.....	39
Figura 16 - FORMAS DO PAVIMENTO COBERTURA SEM ESCALA.....	40
Figura 17 - PLANTA DE FORMAS DO PAVIMENTO RESERVATÓRIOS.....	41
Figura 18 - PROJETO ELÉTRICO EM 3D .....	42
Figura 19 - IMPLANTAÇÃO REDE ELÉTRICA .....	43
Figura 20 - REDE ELÉTRICA DO PAVIMENTO TÉRREO .....	44
Figura 21 - PROJETO HIDROSSANITÁRIO EM 3D .....	45
Figura 22 – PROJETO SANITÁRIO DO PAVIMENTO SUPERIOR SEM ESCALA ..	46
Figura 23 - DETALHE DE UM BANHEIRO DO TÉRREO .....	47
Figura 24 - COMPATIBILIZAÇÃO VISUAL .....	48
Figura 25 - CATEGORIAS DE COLISÕES .....	50
Figura 26 - COLISÃO DEVIDA AO MÉTODO CONSTRUTIVO .....	56
Figura 27 - COLISÃO ENTRE TUBULAÇÃO E VIGA BALDRADROME .....	56
Figura 28 - COLISÃO ENTRE TUBULAÇÃO E LAJE .....	57
Figura 29 – PORCENTAGEM ESTRUTURA E HIDROSSANITÁRIO.....	58
Figura 30 - MANGUEIRA CORRUGADA COLIDINDO COM A LAJE .....	59
Figura 31 - CAIXA OCTOGONAL COLIDINDO COM LAJE.....	60

Figura 32 - MANGUEIRA CORRUGADA COLIDINDO COM PILAR.....	60
Figura 33 - PORCENTAGEM ESTRUTURAL E ELÉTRICO .....	61
Figura 34 - COLISÃO ENTRE O ARQUITETÔNICO E O ESTRUTURAL .....	62
Figura 35 - PORCENTAGEM ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO .....	63
Figura 36 - COLISÃO ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO.....	65
Figura 37 - COLISÃO ENTRE O ARQUITETÔNICO E HIDROSSANITÁRIO .....	65
Figura 38 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO.....	66
Figura 39 - MANGUEIRA CORRUGADA X PORTA .....	67
Figura 40 - PORCENTAGEM ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO .....	68
Figura 41 - LUMINARIA X TUBULAÇÃO .....	69
Figura 42 - PORCENTAGEM ELÉTRICO E HIDROSSANITÁRIO.....	70
Figura 43 - PORCENTAGEM DE COLISÕES.....	72
Figura 44 - PORCENTAGEM DE COLISÕES RELEVANTES .....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - MODELO DO PROCESSO DE EDIFICAÇÕES .....	20
Quadro 2 - <i>SOFTWARES</i> EM BIM.....	27
Quadro 3 – ESTRUTURAL X HIDROSSANITÁRIO .....	51
Quadro 4 - ESTRUTURAL X ELÉTRICO .....	52
Quadro 5 - ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL .....	52
Quadro 6 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO .....	53
Quadro 7 - ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO .....	54
Quadro 8 - ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO .....	54
Quadro 9 – ESTRUTURA X HIDROSSANITÁRIO .....	57
Quadro 10 - ESTRUTURA X ELÉTRICO .....	61
Quadro 11 - ESTRUTURA X ARQUITETÔNICO .....	63
Quadro 12 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO .....	66
Quadro 13 - ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO .....	68
Quadro 14 - ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO.....	70
Quadro 15 - TOTAL DE COLISOES ENCONTRADAS .....	71
Quadro 16 - CUSTO DO FURO NA VIGA.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS

3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i> ou Modelagem da informação da construção
CAD	<i>Computer Aided Design</i> ou Projeto Auxiliado por Computador
IFC	<i>Industry foundation classes</i> ou modelo padrão para intercâmbio de arquivos entre <i>softwares</i> BIM

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 METODOLOGIA.....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	19
2.1.1 Disciplinas de Projetos .....	20
2.1.2 Projeto Arquitetônico .....	21
2.1.3 Projeto Estrutural.....	21
2.1.4 Projetos de instalações hidrossanitárias.....	22
2.1.5 Projeto de instalações elétricas .....	22
2.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS .....	22
2.3 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (BIM).....	24
2.3.1 Modelagem paramétrica .....	24
2.3.2 Dimensões BIM (3D, 4D, 5D,6D,7D); .....	24
2.3.3 Interoperabilidade .....	26
2.3.4 Softwares de modelagem em BIM.....	26
<b>3 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>32</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO .....	32
3.1.1 Descrição do projeto arquitetônico .....	32
3.1.2 Caracterização do projeto estrutural.....	37
3.1.3 Caracterização do projeto elétrico .....	42
3.1.4 Caracterização do projeto hidrossanitário .....	45
<b>4 PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO.....</b>	<b>48</b>
4.1 DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS NO MODELO .....	49
4.1.1 Estrutural x Hidrossanitário.....	50
4.1.2 Estrutural x Elétrico.....	51

4.1.3 Arquitetônico x Estrutural.....	52
4.1.4 Arquitetônico x hidrossanitário.....	53
4.1.5 Arquitetônico x elétrico .....	53
4.1.6 Elétrico x hidrossanitário.....	54
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
5.1 ESTRUTURAL X HIDROSSANITÁRIO.....	55
5.2 ESTRUTURAL X ELÉTRICO .....	58
5.3 ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL .....	62
5.4 ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO .....	64
5.5 ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO .....	67
5.6 ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO.....	69
5.7 TOTAL DE INTERFERÊNCIAS ENCONTRADAS .....	71
5.8 CUSTOS .....	73
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
6.1 CONCLUSÃO.....	75
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOD FUTUROS .....	75
6.3 Referências .....	76

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado da construção civil sofreu com o momento econômico do Brasil, evidenciando a falta de industrialização da construção civil e também a falta de planejamento, causando perdas e retrabalho. Nesse contexto, o BIM (modelo de informação da construção) surge como a melhor ferramenta para aperfeiçoar a concepção de projetos e gerenciamento da construção.

A partir compatibilização de projetos é possível resolver os erros originados na etapa de projeto das edificações, buscando integrar todos os vários projetos da obra, buscando minimizar os conflitos, racionalizando o tempo de construção e os materiais utilizados (CALLEGARI, 2007).

No sistema CAD (desenho assistido por computador), o processo de criação de projetos é fragmentado, os projetos são feitos separadamente e a compatibilização é feita através da sobreposição de desenhos, feitos no papel ou no próprio programa. Já no sistema BIM, cada objeto desenhado é paramétrico, ou seja, cada geometria é vinculada a dados e regras criando uma combinação de informações, podendo ser adicionado ao vínculo qualquer informação desejada. Quando uma parede é criada, pode-se adicionar informações referente ao material, se é de tijolo cerâmico ou bloco de concreto, quanto ao seu acabamento, volume ou áreas. Além das informações associadas aos objetos, as geometrias também são associadas. Quando uma dimensão é alterada na planta baixa, automaticamente ela é alterada nos cortes ou em qualquer outra vista, diminuindo consideravelmente o tempo gasto e os erros que poderiam ser gerados nas representações.

A utilização do BIM muda completamente o fluxo de trabalho desde a etapa de concepção. Etapas como a elaboração de orçamentos e cronogramas, que anteriormente só podiam ser detalhadas ao final do projeto, agora podem ser feitas mais cedo durante sua elaboração, com dados mais precisos, visto que os quantitativos são um resultado natural da inclusão de um novo objeto ao projeto. A compatibilização entre os projetos também se simplifica, pois, cada projeto pode ser feito em um *software* diferente e exportado contendo todos os seus dados paramétricos.

Segundo Eastman (2014), a detecção de interferências é uma funcionalidade básica do sistema BIM. As interferências podem ser severas (hard), como quando uma tubulação sanitária encontra uma viga, ou suaves (soft) quando objetos estão



muito próximos, como vergalhões com pouco espaçamento, dificultando a passagem do agregado graúdo. Nesses casos, dependendo das configurações adotadas, as interferências podem ser apenas exibidas ou solucionadas automaticamente.

O BIM tem a capacidade de abranger todo o ciclo de vida do projeto, desde sua elaboração, detalhamento, execução e manutenção. A relação que se tinha anteriormente com o sistema CAD é transformada,

Eastman (2014) afirma que a melhoria dos processos nas fases do projeto e conseqüentemente na construção tem potencial para reduzir o número e a gravidade dos problemas na construção civil relacionados às práticas tradicionais. A utilização do BIM também deve trazer mudanças significativas nos contratos, que são baseados nas práticas utilizadas pelo modelo de papel. Além disso, como a construção deve ser fiel ao projeto, a interação e a colaboração entre o arquiteto, engenheiro e o empreiteiro deve ser feita mais cedo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar a modelagem e compatibilização entre os diferentes projetos de uma edificação multifamiliar, utilizando *softwares* em BIM.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Compatibilizar os projetos arquitetônico, hidrossanitário, elétrico e estrutural;
- Identificar as interferências entre os projetos;
- Identificar os erros recorrentes na compatibilização a partir da detecção de interferências;
- Avaliar o impacto da identificação precoce das interferências;
- Compilar e avaliar os resultados obtidos.

## 1.2 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica a respeito dos conceitos gerais sobre projetos e sobre a modelagem da informação da construção e sua aplicação prática na construção civil. Em um segundo momento foi feita uma revisão sobre o conceito de projetos e dos tipos de projetos empregados na construção civil, para a revisão bibliográfica desses assuntos foram utilizados livros, artigos científicos, monografias de graduação e dissertações de mestrado.

Após a revisão bibliográfica foi feito um estudo de caso de um projeto real, onde o próprio estudante foi responsável por elaborar os projetos elétrico e hidrossanitário, e também pela compatibilização dos mesmos. O projeto foi cedido por uma empresa que atua no litoral do Paraná que teve seu nome preservado, sendo mencionada no trabalho como empresa A.

A etapa de compatibilização consistiu em verificar as interferências entre as diferentes disciplinas de projetos contidas no estudo de caso já feito em *softwares* com a metodologia BIM, sendo eles os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. As interferências foram detectadas utilizando o *software* Qibuilder da AltoQi, onde foi possível classificar as interferências em diferentes graus de prioridade, sendo, baixa prioridade as interferências devido ao sistema construtivo, como mangueiras corrugadas no interior das lajes e paredes, alta prioridade interferências devido a erros de modelagem que não seriam executados na obra, e prioridade urgente para interferências realmente impactantes como tubulações passando dentro de vigas.

A etapa final foi a conclusão, onde foram avaliados os resultados obtidos nas etapas anteriores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Deslesderrier (2015), a etapa de projeto na construção civil é um processo fundamental para a execução da obra. A qualidade final da obra está ligada a um bom projeto, pois leva em conta além dos aspectos técnicos a vontade do cliente.

Para Nobrega e Melhado (2013), o consenso sobre o que é um projeto foi desenvolvido pelo *Project Management Institute* – PMI (2000) que entende o projeto como “um empreendimento temporário feito para criar um produto, serviço ou resultado único”. Tendo esse conceito definido que o prazo para a entrega final é limitado e é necessário uma data definida para a entrega do projeto.

Os mesmos autores Nobrega e Melhado (2013) acreditam que as decisões tomadas na fase de projeto das edificações influenciam o ambiente em que vivemos, e que nesse contexto, o processo de criação adquire uma dinâmica de trabalho que se faz necessária para encontrar soluções apropriadas e transferir essas ideias para os executores do projeto.

Para Lima (2011), projetar é apresentar possíveis soluções a serem implementadas para a resolução de determinado problema; que frequentemente existem diversas alternativas de soluções possíveis. O projetista deve examiná-las, avaliar as possibilidades e assim, tomar a melhor decisão.

Segundo Rodriguez e Heineck (2003), o processo de elaboração de projetos pode ser subdividido e classificado como ilustrado no quadro 1.

Quadro 1 - MODELO DO PROCESSO DE EDIFICAÇÕES

<b>Modelo do processo de projeto de edificações</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Descrição de atividades</b>
<b>Planejamentos e concepção do empreendimento</b>	Estudo de mercado; Levantamento de dados do terreno e elaboração do programa de necessidades
<b>Estudo preliminar</b>	Estudos preliminares de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias; Primeira compatibilização de projetos.
<b>Anteprojeto</b>	Anteprojetos de arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias; Segunda compatibilização
<b>Projetos legais</b>	Elaboração de projetos legais
<b>Projetos executivos</b>	Elaboração de projetos executivos de arquitetura e complementares; Terceira compatibilização
<b>Acompanhamento da execução e uso</b>	Assistência técnica à obra; Elaboração de projeto "as built"; Acompanhamento do desempenho

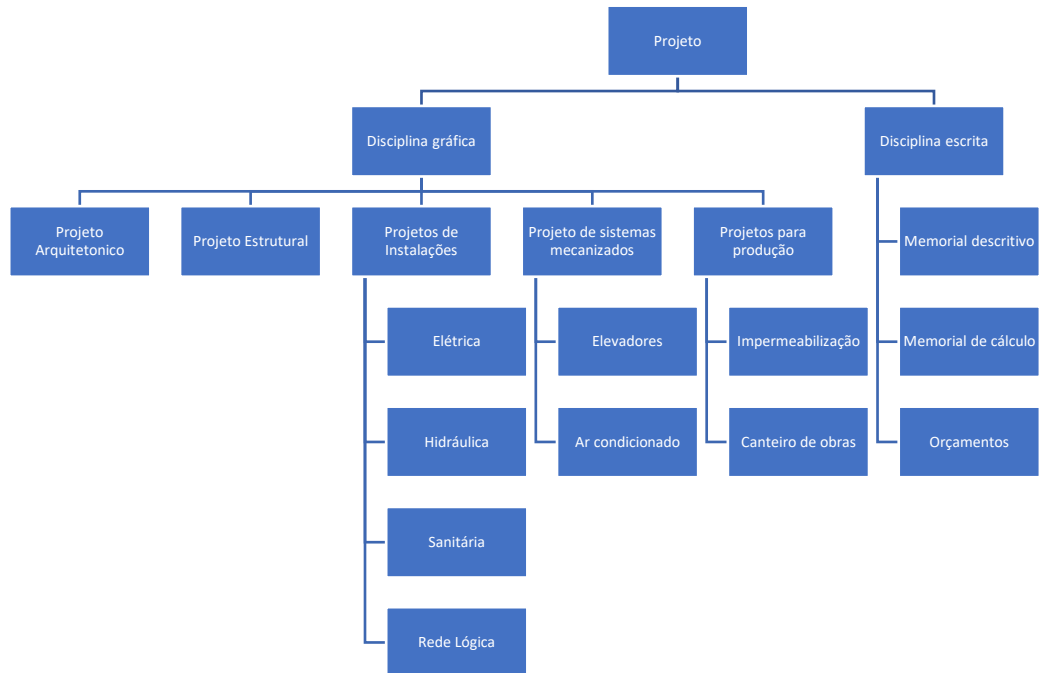
Fonte: Rodriguez e Heineck (2003), adaptado pelo autor.

### 2.1.1 Disciplinas de Projetos

Na visão de Deslesderrier (2015), com o mercado cada vez mais exigente a multidisciplinaridade no desenvolvimento do projeto ganha importância. Os profissionais devem trabalhar de forma integrada e interagindo com todas as especialidades envolvidas e com outras equipes.

Dentre os projetos necessários para a execução de uma obra, alguns são comuns e extremamente necessários desde as edificações mais básicas, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – PROJETOS NECESSÁRIOS PARA UMA EDIFICAÇÃO



Fonte: Tavares (2001), adaptado pelo autor.

### 2.1.2 Projeto Arquitetônico

Segundo a NBR 13532, um projeto arquitetônico visa determinar e representar através de desenhos e textos a concepção de arquitetura da edificação, levando em consideração aspectos como leis municipais de parcelamento do solo, serviços públicos oferecidos na região, edificações existentes, medidas do terreno e necessidades do cliente.

### 2.1.3 Projeto Estrutural

Kimura (2007) fala que um projeto estrutural pode ser dividido em quatro etapas principais: concepção, análise, dimensionamento e detalhamento da estrutura.

O projeto estrutural tem interferência direta com os projetos de instalações, principalmente quanto à definição da passagem de tubulações e equipamentos.

#### 2.1.4 Projetos de instalações hidrossanitárias

Projeto de instalações hidrossanitárias são divididos em instalações hidráulicas, que segundo Melo e Netto (1988) compõem o conjunto de canalizações, conexões e aparelhos que visam suprir o fornecimento de água em uma edificação e instalações sanitárias, descritos por Melo e Netto (1988) como instalações que visam destinar as águas servidas nas edificações até o destino final.

Os projetos de instalações hidrossanitárias têm impacto tanto no projeto arquitetônico, visto que *shafts* deverão ser definidos quanto no projeto estrutural, em que é necessário prever as passagens de tubulações nos elementos estruturais, como vigas e lajes.

#### 2.1.5 Projeto de instalações elétricas

Segundo Deslesderrier (2015), o projeto de instalações elétricas deve ser iniciado logo após a definição do projeto arquitetônico, visto que após as áreas e cômodos serem definidos já é possível se determinar a quantidade de lâmpadas, tomadas e acessórios.

### 2.2 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Monteiro (2017), a compatibilização de projetos pode ser definida como a interação dos diversos projetos necessários para uma obra, tendo como objetivo identificar possíveis interferências que possam ocorrer na etapa de execução. A eliminação de qualquer interferência entre os diversos elementos construtivos visa diminuir o retrabalho, desperdício de tempo e de material.

Na maioria dos casos, os projetos necessários para a construção de uma edificação são multidisciplinares e desenvolvidos por agentes distintos, onde a falta de comunicação entre os mesmos pode gerar uma elevada quantidade de conflitos ou falhas no projeto. A compatibilização pode ser resumida na identificação de conflitos antes da obra, possibilitando seus ajustes e consequentemente evitando aumento de custo (DELESDERRIER, 2015).

Para Callegari (2007), a compatibilização consiste em gerenciar e integrar diversos projetos, visando obter padrões de controle de qualidade e o perfeito ajuste

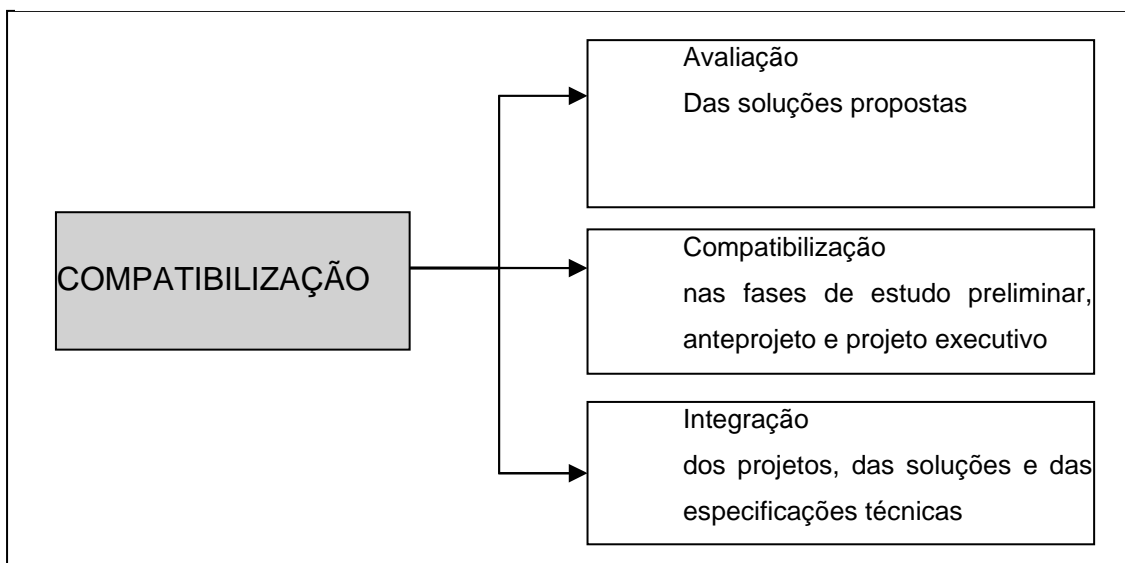
entre os projetos. Tem como objetivo simplificar a execução da obra, otimizar a utilização de materiais e diminuir o tempo gasto, a partir da diminuição dos conflitos entre os projetos.

O mesmo autor, Callegari (2007) a compatibilização é uma ação viva que dura durante toda a concepção do projeto e que compreende também, a detecção de falhas relacionadas a inconsistências geométricas entre os subsistemas do projeto.

Segundo Silva (2004), a compatibilização é uma atividade necessária para que o conjunto das várias soluções estéticas, dimensionais e tecnológicas possam ser compatíveis entre si. O autor também destaca que além dos projetos complementares comuns, as edificações mais modernas passam a exigir outros projetos complementares.

Silva (2004) resumiu o processo de compatibilização em um modelo conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS



Fonte: Silva (2004), adaptado pelo autor.

## 2.3 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (BIM)

### 2.3.1 Modelagem paramétrica

Na modelagem paramétrica, ao invés de se projetar a geometria de uma porta ou parede, o projetista define apenas uma família de modelos que definem um conjunto de regras e relações que controlam os parâmetros que modificam os modelos (EASTMAN, 2014).

Para melhor entendimento, pode-se usar como exemplo uma parede, que em um modelo não paramétrico é representada por linhas com dimensões fixas, que só podem ser alterados manualmente pelo projetista. Já em um modelo paramétrico, essa parede pode ser associada a uma regra como, por exemplo, sempre estar em contato com a laje, fazendo com que qualquer mudança de altura na laje também mude a dimensão na parede (SENA, 2012).

### 2.3.2 Dimensões BIM (3D, 4D, 5D,6D,7D);

Quando se fala em geometria de um projeto arquitetônico se pode caracterizá-lo utilizando apenas três dimensões. Na metodologia BIM o termo dimensão é utilizado para caracterizar outras modalidades descritivas como tempo, custo e planejamento. Dessa forma, no BIM são descritas sete dimensões (GARIBALDI, 2020). A Figura 3 ilustra as dimensões BIM.



Figura 3 - DIMENSÕES BIM



Fonte: Sienge, 2020.

**BIM 3D:** A dimensão 3D é a dimensão geométrica conhecida, utilizada na modelagem paramétrica, na visualização do projeto em três dimensões auxiliando o entendimento do projeto e na detecção de interferências.

**BIM 4D:** Nessa dimensão é acrescentada a etapa de cronograma da obra, em que o elemento tempo é adicionado e com ele a etapa de planejamento pode ser otimizada.

**BIM 5D:** Na dimensão 5D o orçamento é acrescentado e o custo de cada elemento é vinculado. Qualquer alteração desse vínculo impacta no orçamento da edificação.

**BIM 6D:** Essa dimensão adiciona a análise de eficiência energética que visa o uso consciente de água, economia de energia e arquiteturas que privilegiem a luz natural. É com base nas análises dessa dimensão que os edifícios buscam certificações como *Green building*.

**BIM 7D:** A dimensão 7D tem relação com a vida útil e manutenção da edificação. Toda a informação é armazenada a fim de ser utilizada na etapa de manutenção preventiva tanto da estrutura quanto dos equipamentos.

### 2.3.3 Interoperabilidade

Para que se possa ter um trabalho colaborativo, a troca de informações entre os diferentes *softwares*, ou seja, a transposição de dados deve ocorrer sem perda de informações, onde o termo que define essa possibilidade é “interoperabilidade” (AYRES e SCHEER, 2009).

Devido à gama de *softwares* disponíveis no mercado, um formato padrão de arquivos deve ser utilizado para que o trabalho colaborativo entre os diferentes interessados seja possível, sem perder nenhuma informação no processo (CHECCUCCI, 2011).

Para cada disciplina do projeto existe um formato específico gerado pelo programa nativo, porém, também é possível exportar os arquivos em formatos neutros que possibilitam a operabilidade das disciplinas em vários *softwares*.

#### 2.3.3.1 IFC – *Industry foundation classes*

Checucci (2011) define o IFC como um formato padrão neutro, que permite a troca de dados, a partir da representação de toda a edificação em um modelo numérico.

Segundo Ayres e Scheer (2009), o modelo IFC separa os dados de um projeto em quatro eixos de informação: ciclo de vida, disciplina, nível de detalhamento e aplicações (*software*). Visto que em um edifício visto classes genéricas com informações suficientes para descrever o elemento.

#### 2.3.4 *Softwares* de modelagem em BIM

Para Tavares (2001), atualmente com a expansão da indústria da construção civil, a oferta de *softwares* está cada vez maior, cada um com sua especialidade e foco.

Nesta seção serão listados *softwares* BIM com diferentes aplicações, logo, pode-se definir em dois grandes grupos: Modelagem e Gestão. Para o primeiro grupo são *softwares* responsáveis pelos projetos: arquitetônico, estrutural ou de instalações. O segundo grupo é responsável pela parte de gestão das informações geradas pelos modelos, e assim, fornecem a possibilidade de análise e controle, como na

compatibilização dos projetos gerados nos diferentes *softwares* disponíveis, orçamentos, cronogramas, quantitativos de materiais e outros. O quadro 2 ilustra alguns *softwares* BIM.

Quadro 2 - *SOFTWARES* EM BIM

<b>Software</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Grupo</b>	
Revit Architecture	Arquitetura	Modelagem	
ArchiCAD			
Bentley Architecture			
Eberick	Estrutural		
Teckla structures			
TQS			
CypeCad			
QiBuilder	Elétrico / Hidrossanitário		
Revit MEP			
ArchiCAD MEP			
Solibri Model Checker	Gestão de projetos		Gestão
QiBuilder			
Navisworks			
QiVisus		Orçamentos e planejamento	

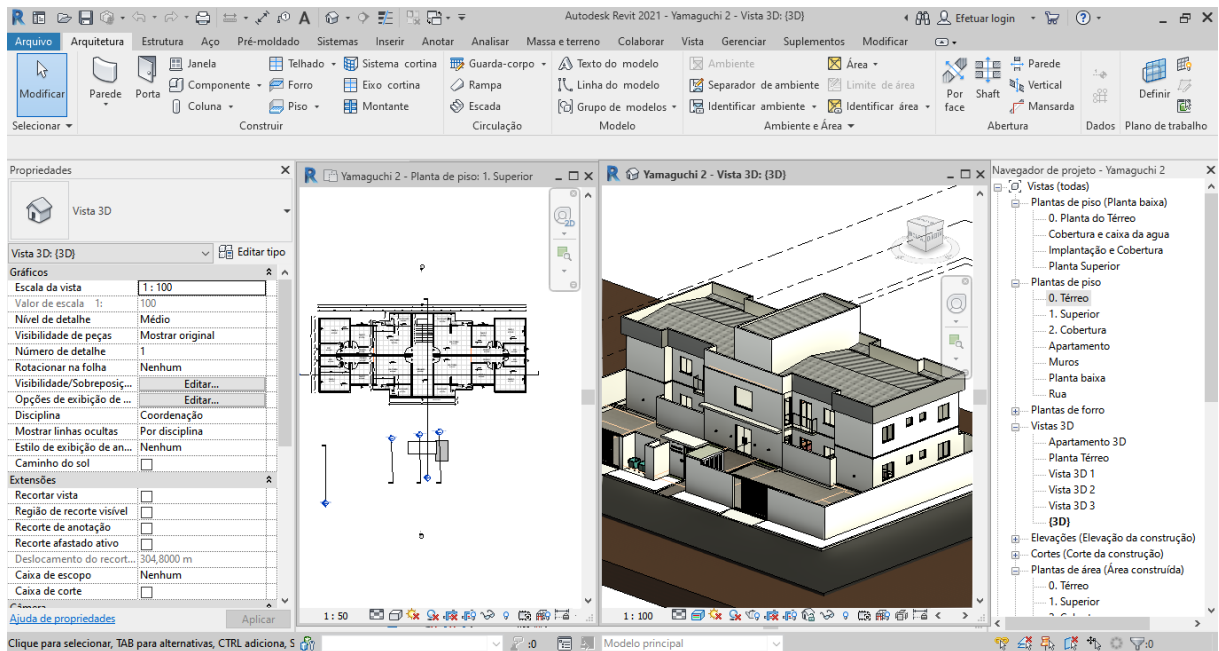
Fonte: O Autor.

Nessa seção serão detalhados alguns dos *softwares* em BIM mais importantes e usuais no mercado.

#### 2.3.4.1 Autodesk Revit

Para Monteiro (2017), o Autodesk Revit pode ser considerado um dos principais *softwares* BIM no mercado, pois é a ferramenta mais difundida atualmente e também oferece recursos à possibilidade de projetar todas as disciplinas de projetos com as ferramentas Revit Architecture, utilizado para projetos arquitetônicos, como ilustrado na figura 4, Revit MEP voltado para a área de instalações e a ferramenta Revit Structures voltado para a área de projetos estruturais.

Figura 4 – IMAGEM DE PROJETO SENDO MODELADO NO REVIT



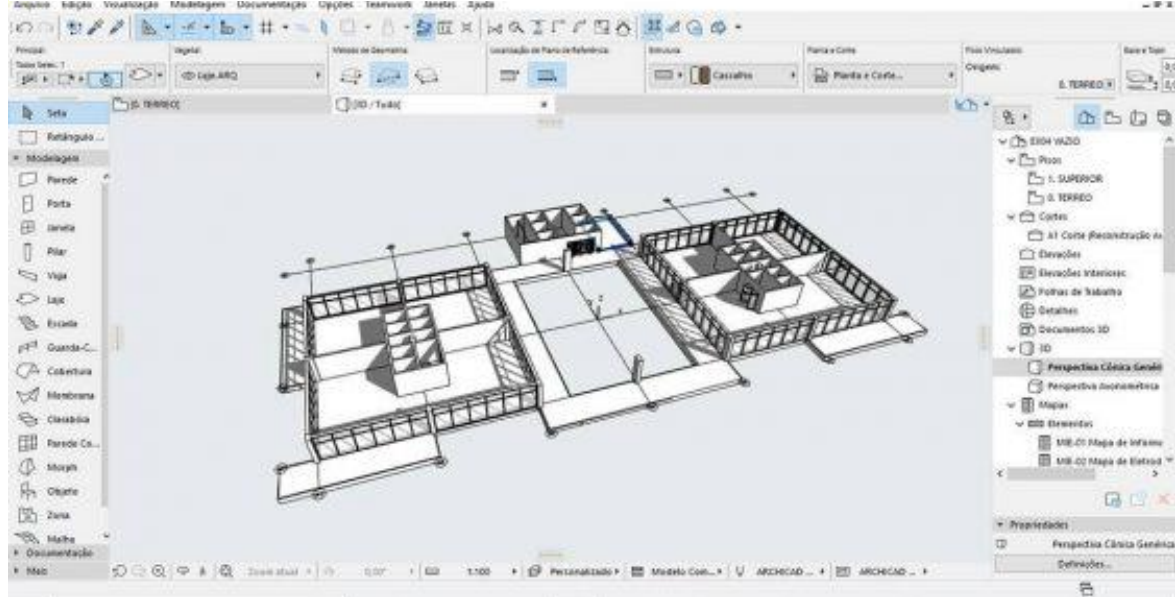
Fonte: O Autor.

### 2.3.4.2 Graphisoft ArchiCAD

O ArchiCAD é um software desenvolvido pela Graphisoft, empresa húngara que desenvolve *softwares* para construção civil. Concorrente direto do Autodesk Revit, tem basicamente as mesmas funcionalidades.

Segundo Fereguetti (2018), o ArchiCAD pode ser utilizado para todos os tipos de projetos de arquitetura, incluindo edificações, paisagismo e interiores. A figura 5 ilustra um projeto sendo modelado no ArchiCAD.

Figura 5 – IMAGEM DE PROJETO SENDO MODELADO NO ARCHICAD



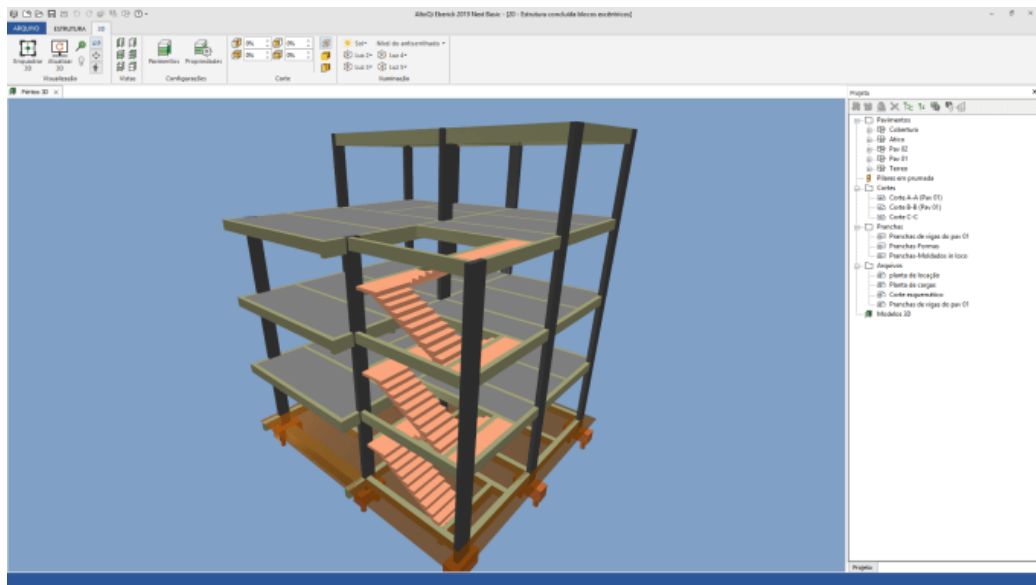
Fonte: Fereguetti (2018).

### 2.3.4.3 AltoQi Eberick

Software desenvolvido pela empresa brasileira AltoQi para a criação de projetos estruturais. Como funcionalidades ele possui a possibilidade de visualizar a quantidade de aço, volume de concreto, quantidade de formas e tabela de custos.

Segundo Rodrigues (2018) o programa utiliza a NBR 6118, verificando os ELU (estados limites últimos) e ELS (estados limites de serviço). Outro ponto considerado positivo é a opção de visualizar as estruturas em 3D. A figura 6 ilustra um projeto sendo modelado no Eberick.

Figura 6 – PROJETO SENDO MODELADO NO EBERICK

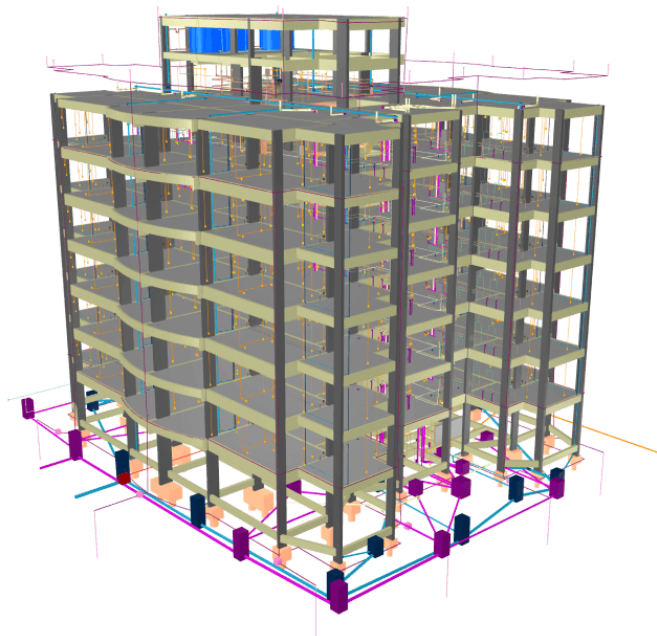


fonte: Rodrigues (2018)

#### 2.3.4.4 AltoQi QIBuilder

Segundo à AltoQi (2021), é um software desenvolvido para a criação de projetos: hidrossanitário, elétrico, preventivo de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado, climatização e alvenaria estrutural. A Figura 7 representa um projeto compatibilizado utilizando o QiBuilder.

Figura 7 – PRÉDIO RESIDENCIAL COMPATIBILIZADO



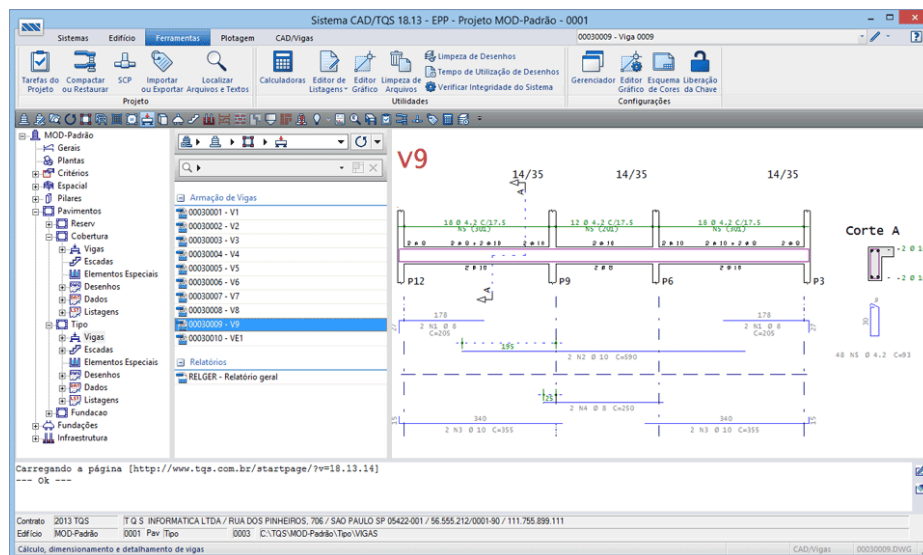
Fonte: Rodrigues (2018)

### 2.3.4.5 TQS

Software para desenvolvimento projetos estruturais, criado por empresa de brasileira de mesmo nome.

“O TQS é um software destinado à elaboração de projetos estruturais de edificações de concreto armado. É composto por um conjunto de sistemas que, de forma totalmente integrada e automatizada, fornecem recursos necessários para a concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento de armaduras, geração de desenhos até a emissão de plantas.” (TQS, 2021).

Figura 8 – PROJETO ESTRUTURAL NO TQS



Fonte: TQS (2021)

### 3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso teve como objetivo o desenvolvimento da etapa de compatibilização de projeto utilizando a metodologia BIM de um projeto real. Espera-se com esse trabalho apresentar as facilidades e benefícios gerados pela metodologia BIM na compatibilização de projetos.

Para o estudo das interferências o projeto utilizado foi cedido pela empresa A. O estudo de caso foi realizado através da interação dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. Para a modelagem do projeto arquitetônico o software Revit da Autodesk foi utilizado, o projeto estrutural foi feito no software Eberick da AltoQi, já os projetos elétrico e hidrossanitário, assim como a compatibilização dos projetos foram feitas no software QiBuilder da AltoQi.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

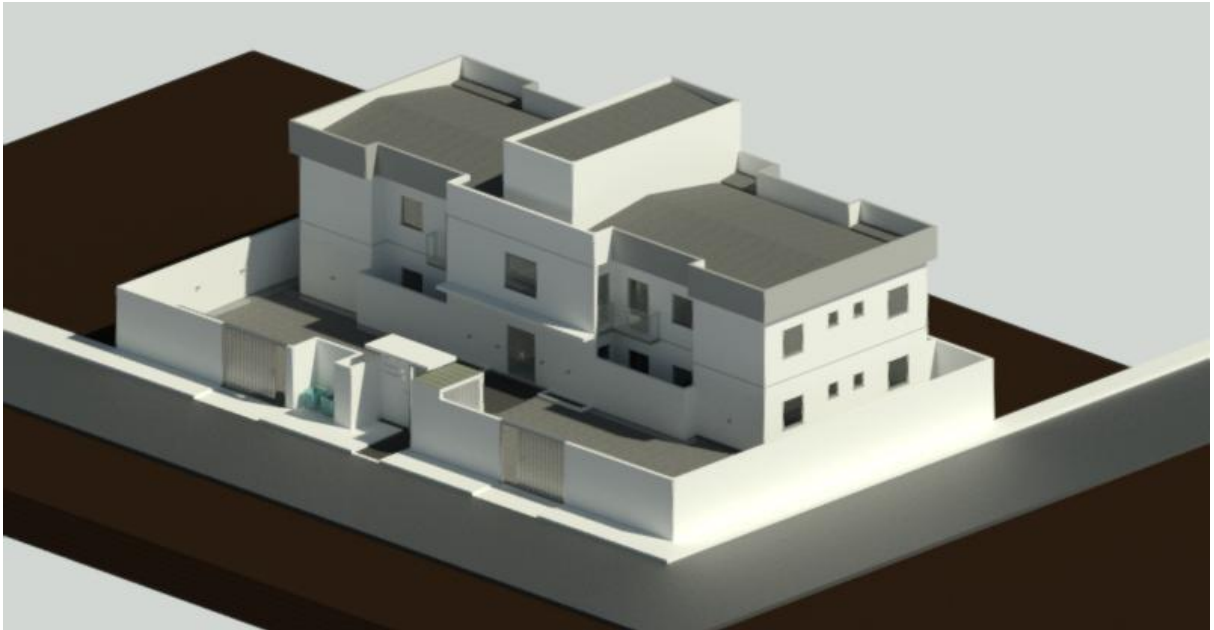
##### 3.1.1 Descrição do projeto arquitetônico

O projeto utilizado nesse estudo é uma edificação multifamiliar, que conta com oito apartamentos, quatro apartamentos localizados no pavimento térreo e mais quatro apartamentos localizados no pavimento superior. Cada apartamento conta com área privativa de 51,38m<sup>2</sup> e a edificação com uma área total construída de 499,20 m<sup>2</sup>.

As Figuras 9 a 12 apresentam as características físicas do projeto, como ilustração em 3 dimensões do empreendimento, planta humanizada do apartamento tipo e planta de corte.



Figura 9 - MODELO 3D SEM ESCALA



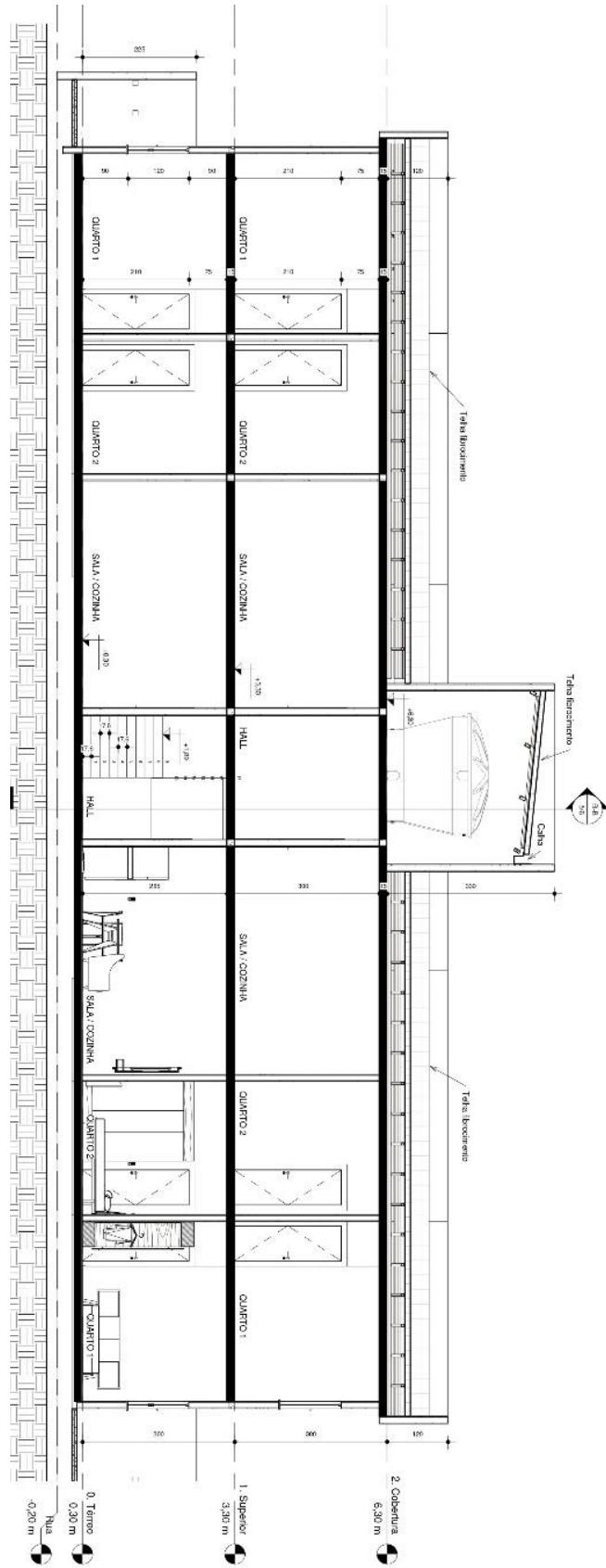
Fonte: O Autor.

Figura 10 - APARTAMENTO TIPO SEM ESCALA



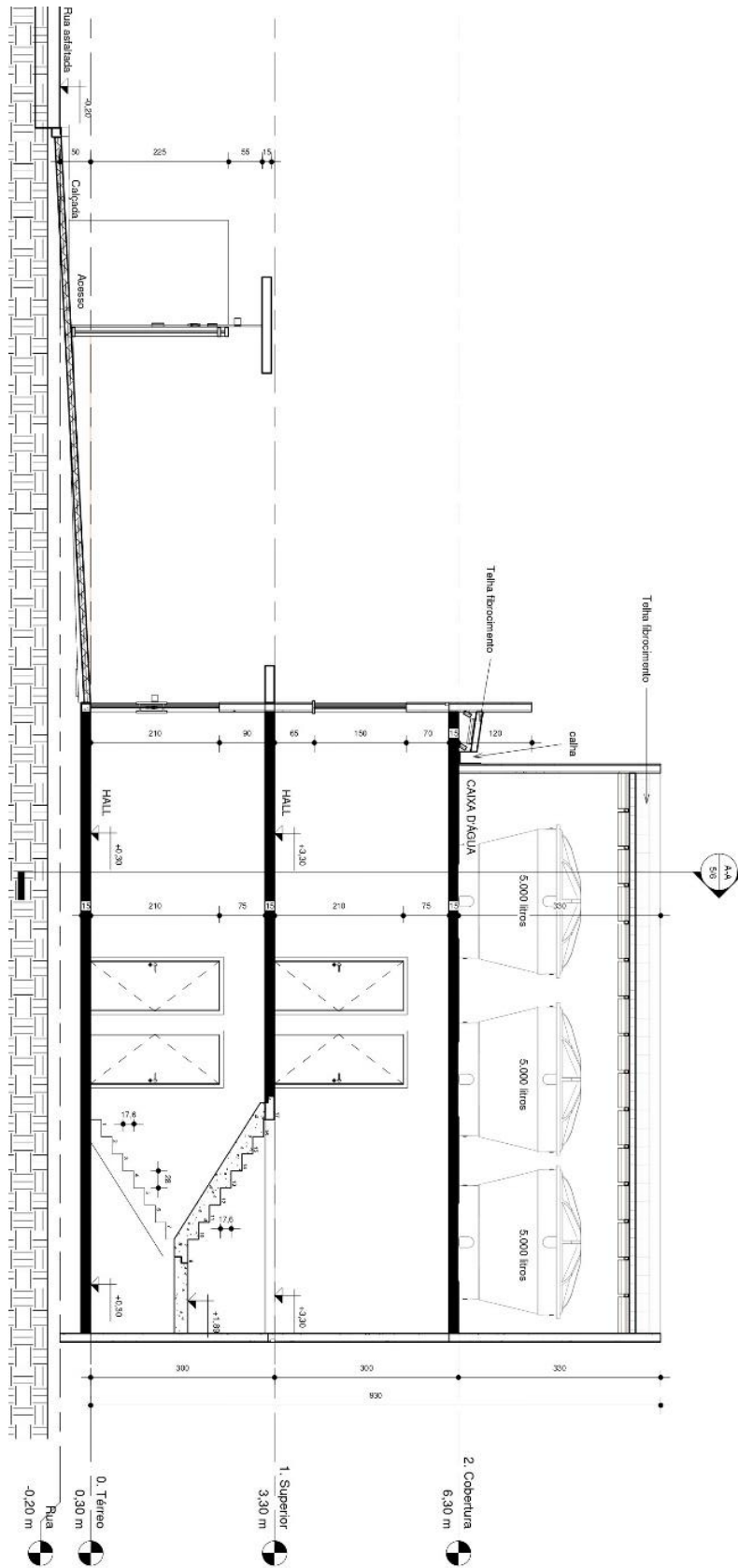
Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 11 - CORTE A-A SEM ESCALA



Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 12 - CORTE B-B SEM ESCALA



Fonte: Empresa A, modificado.

### 3.1.2 Caracterização do projeto estrutural

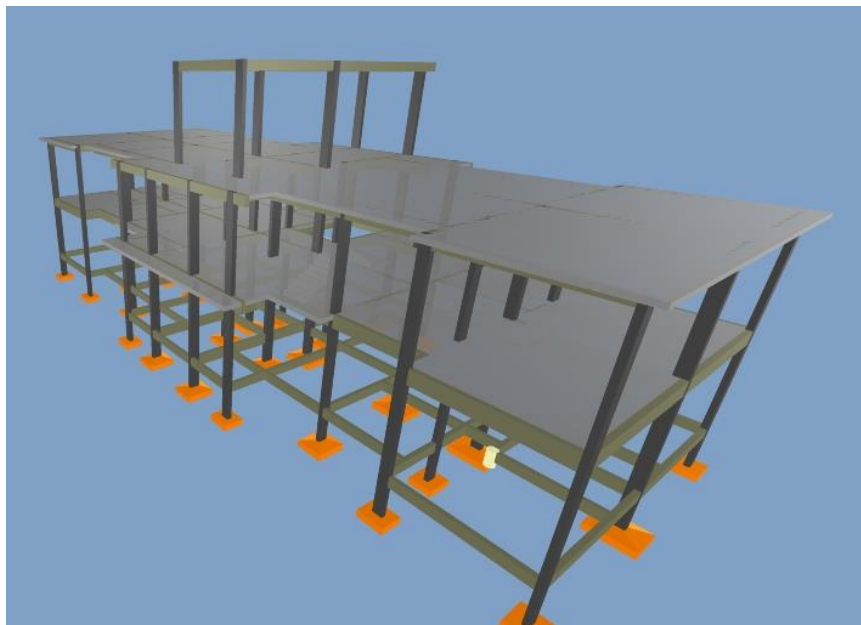
A estrutura da edificação é formada por vigas e pilares de concreto armado. A fundação é composta por sapatas e estacas, já as lajes são pré-moldadas com vigotas treliçadas e com preenchimento de EPS.

A fundação é composta por 38 sapatas onde duas possuem as dimensões de 65x140cm, 14 possuem dimensões de 70x80cm, 14 possuem dimensões de 90x100cm e oito possuem dimensões de 100x120cm. Além das sapatas a fundação da edificação possui 4 estacas com diâmetro de 30cm.

As vigas do térreo possuem apenas uma seção de 14x30cm, já as vigas do pavimento superior variam em três diferentes seções, 14x30cm, 16x30cm e 19x30cm. As vigas do pavimento cobertura e da caixa d'água também variam entre três possíveis dimensões 14x30cm, 14x40cm e 19x40cm.

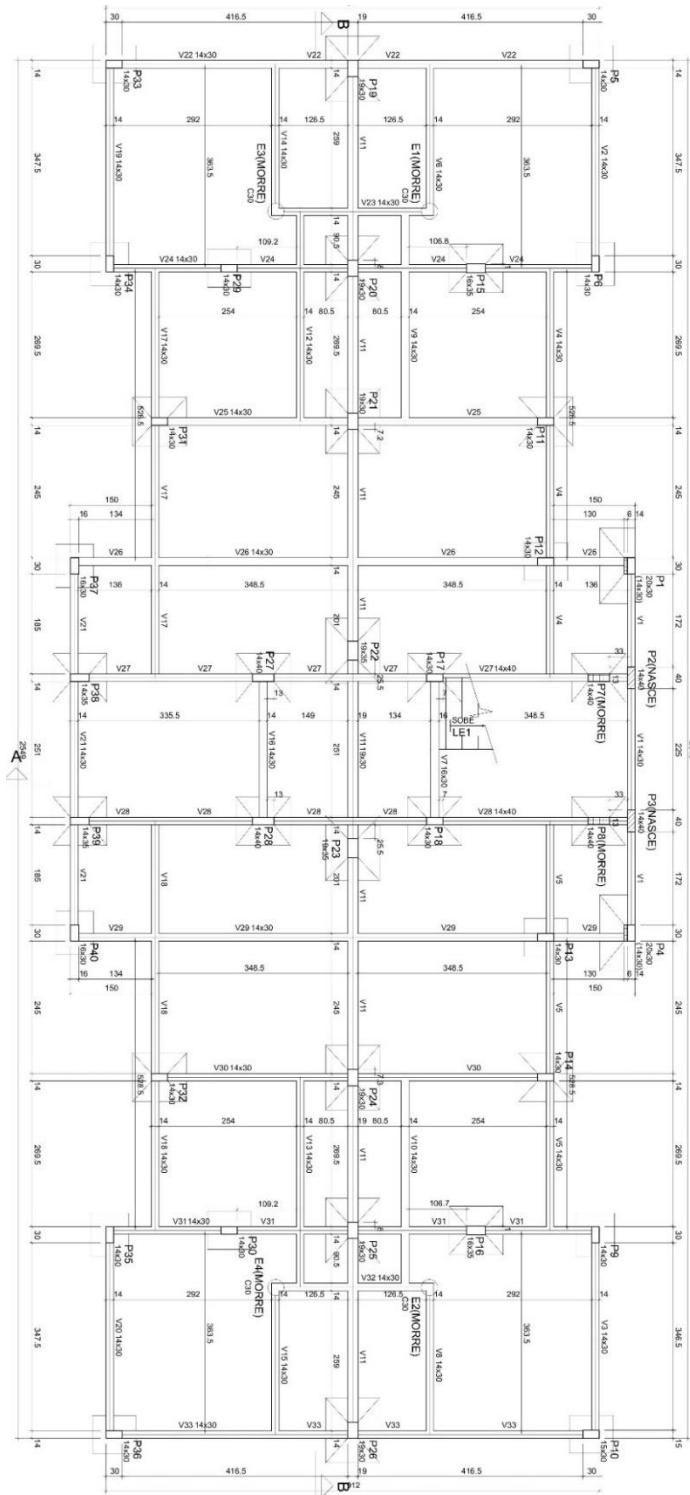
As Figuras 13 a 17 apresentam o projeto estrutural em três dimensões e as plantas de formas dos pavimentos do empreendimento.

Figura 13 - MODELO 3D DE PROJETO ESTRUTURAL



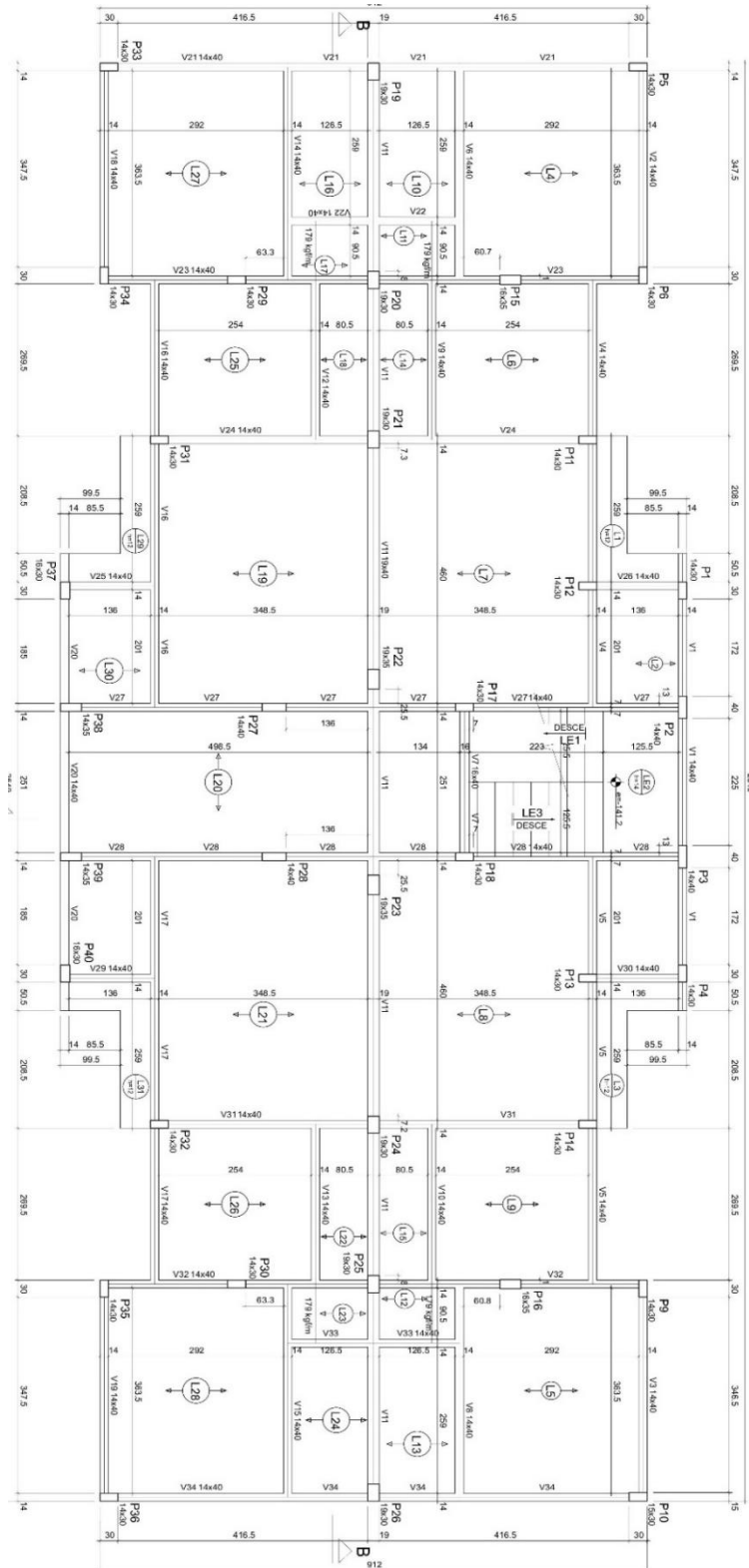
Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 14 - PLANTA DE FORMA SEM ESCALA



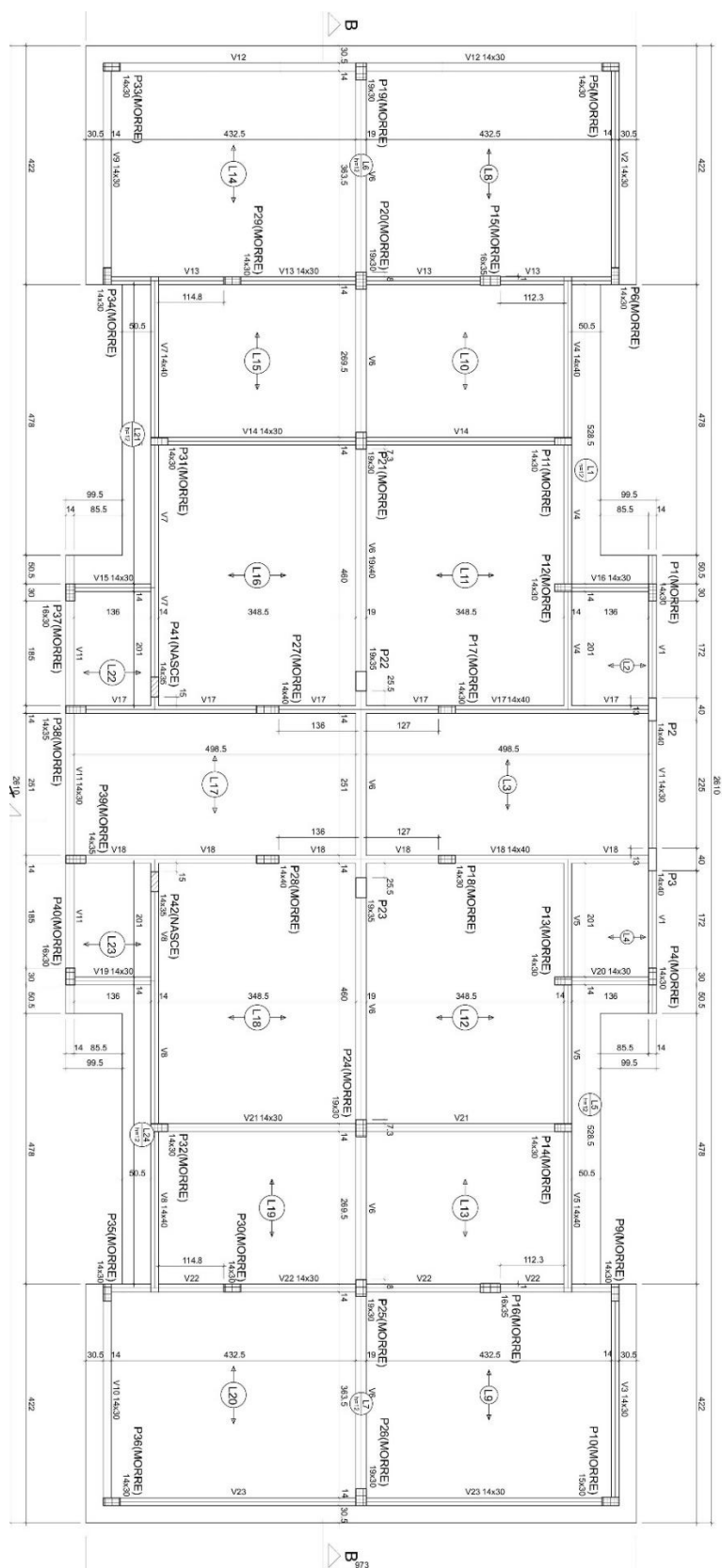
Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 15 - FORMAS DO PAVIMENTO SUPERIOR SEM ESCALA



Fonte: Empresa A, modificado.

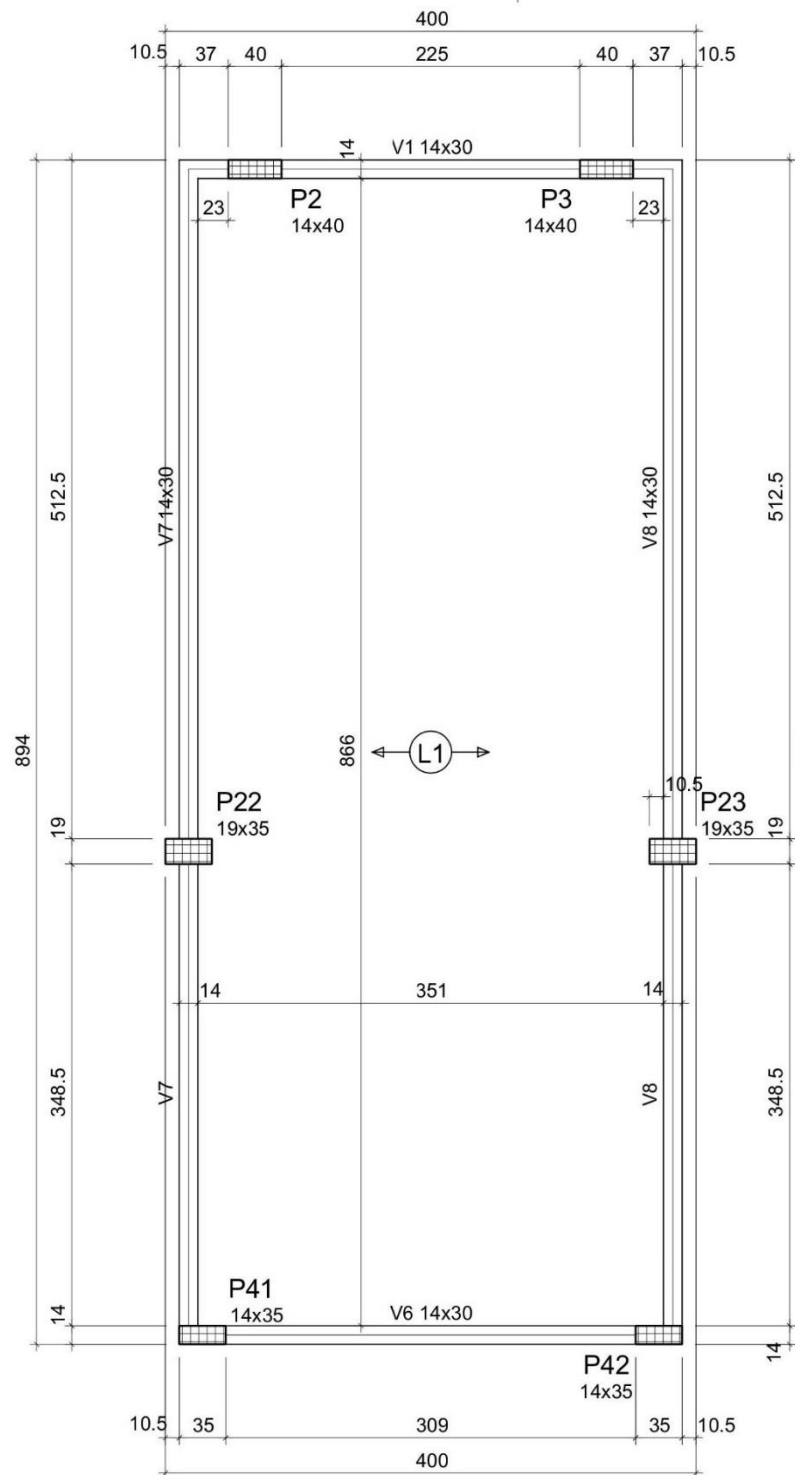
Figura 16 - FORMAS DO PAVIMENTO COBERTURA SEM ESCALA



Fonte: Empresa A, modificado.



Figura 17 - PLANTA DE FORMAS DO PAVIMENTO RESERVATÓRIOS



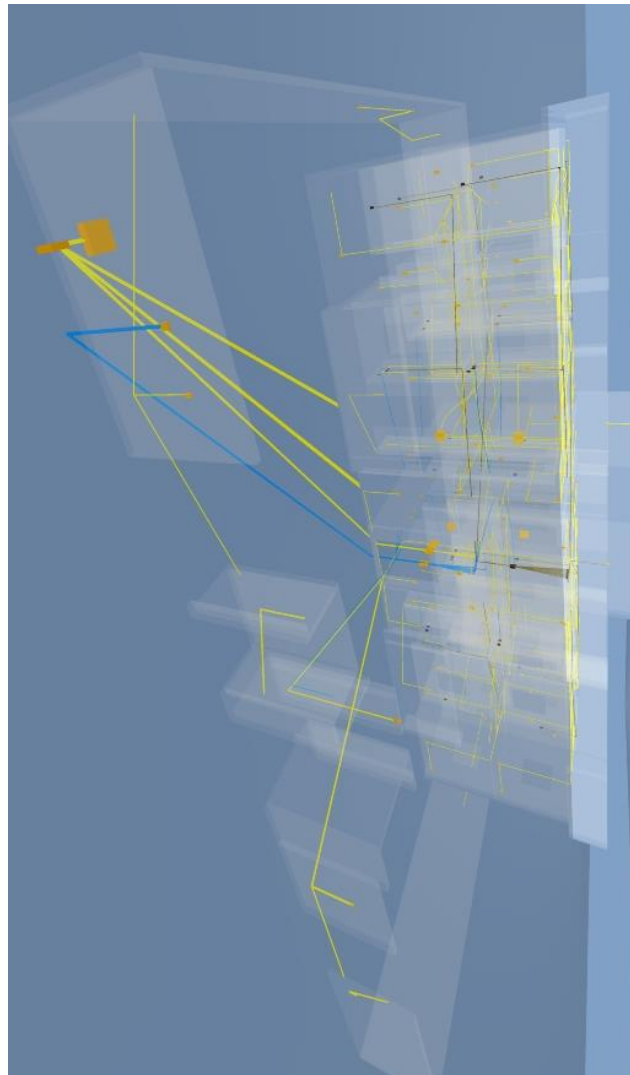
Fonte: Empresa A, modificado.

### 3.1.3 Caracterização do projeto elétrico

O projeto elétrico da edificação seguiu as especificações técnicas presentes na NBR 5410. A alimentação de energia dos apartamentos exigiu o uso de cabos subterrâneos, visto que a utilização de cabos suspensos traria uma grande desvantagem estética para o empreendimento.

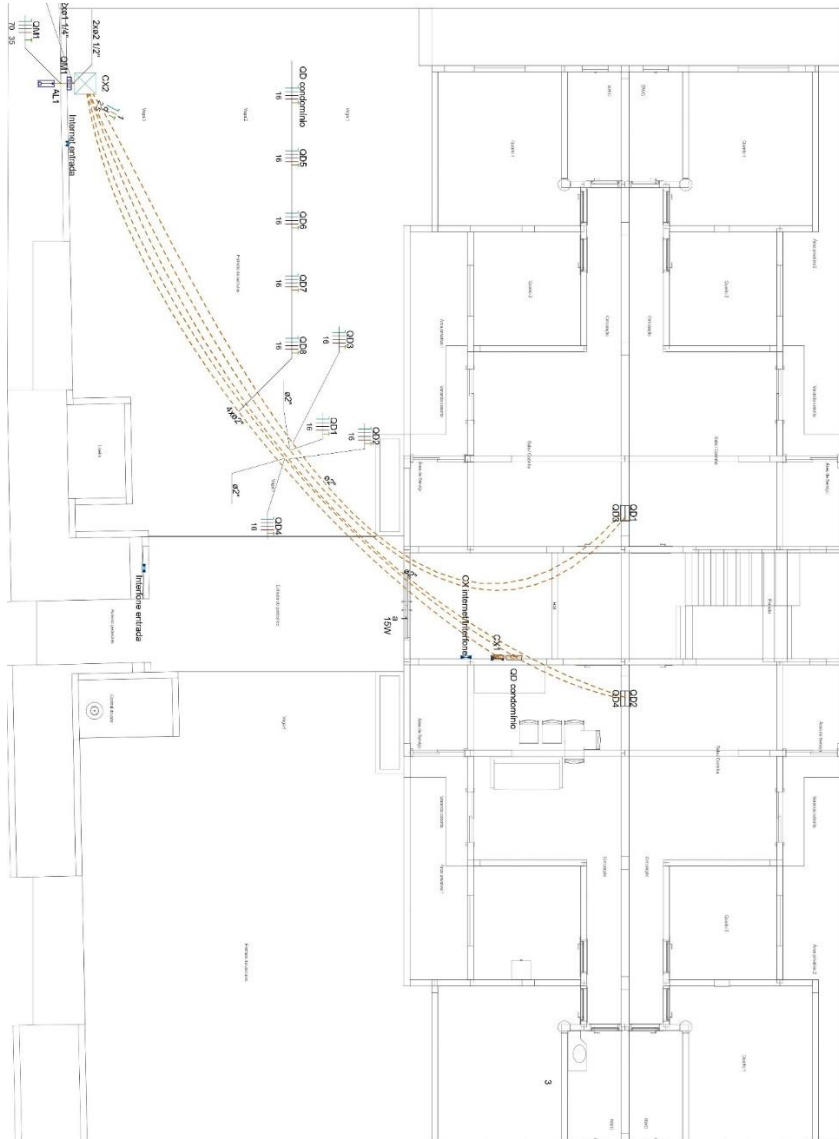
As Figuras 18, 19 e 20 representam pontos importantes do projeto elétrico, onde na Figura 18 pode-se observar a representação em 3D de toda a malha elétrica do empreendimento e nas Figuras 19 e 20 estão representadas a rede elétrica.

Figura 18 - PROJETO ELÉTRICO EM 3D



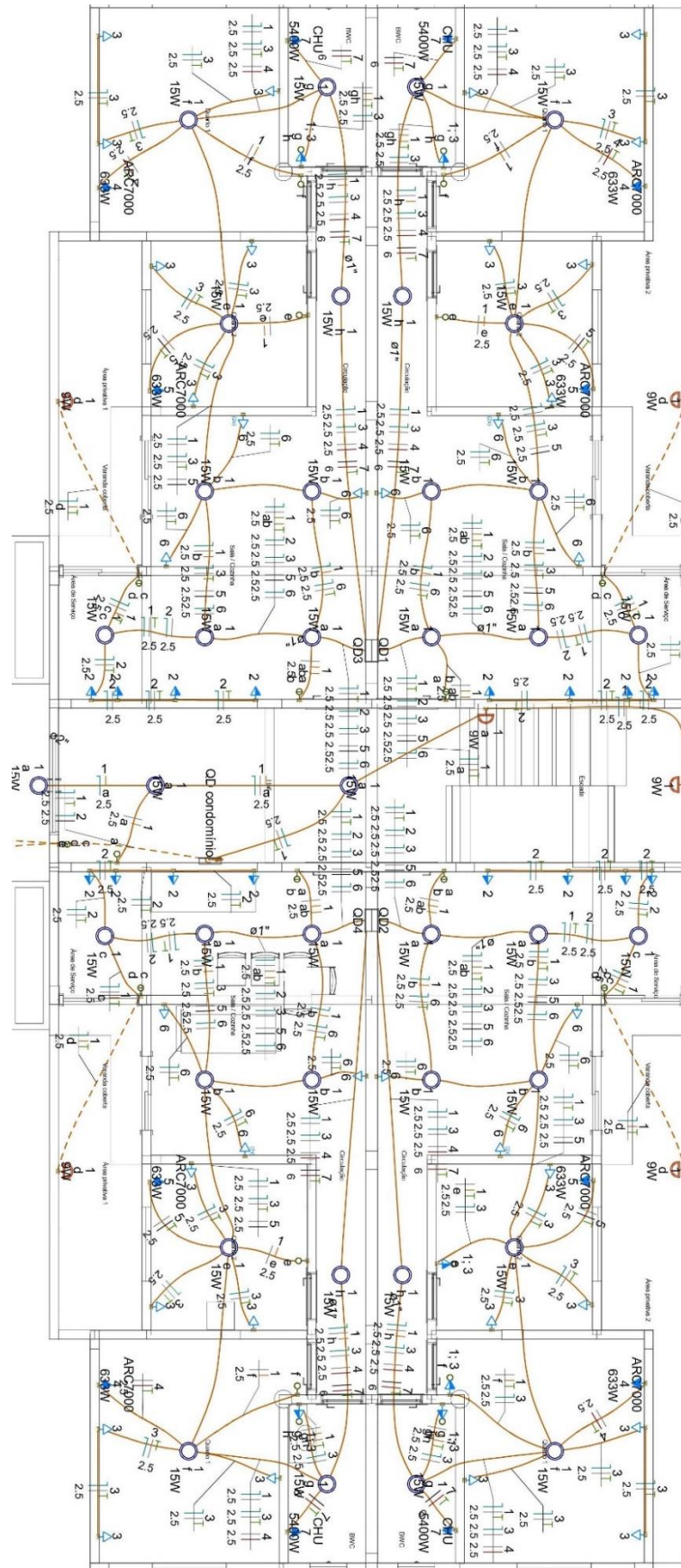
Fonte: O Autor.

Figura 19 - IMPLANTAÇÃO REDE ELÉTRICA



Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 20 - REDE ELÉTRICA DO PAVIMENTO TÉRREO



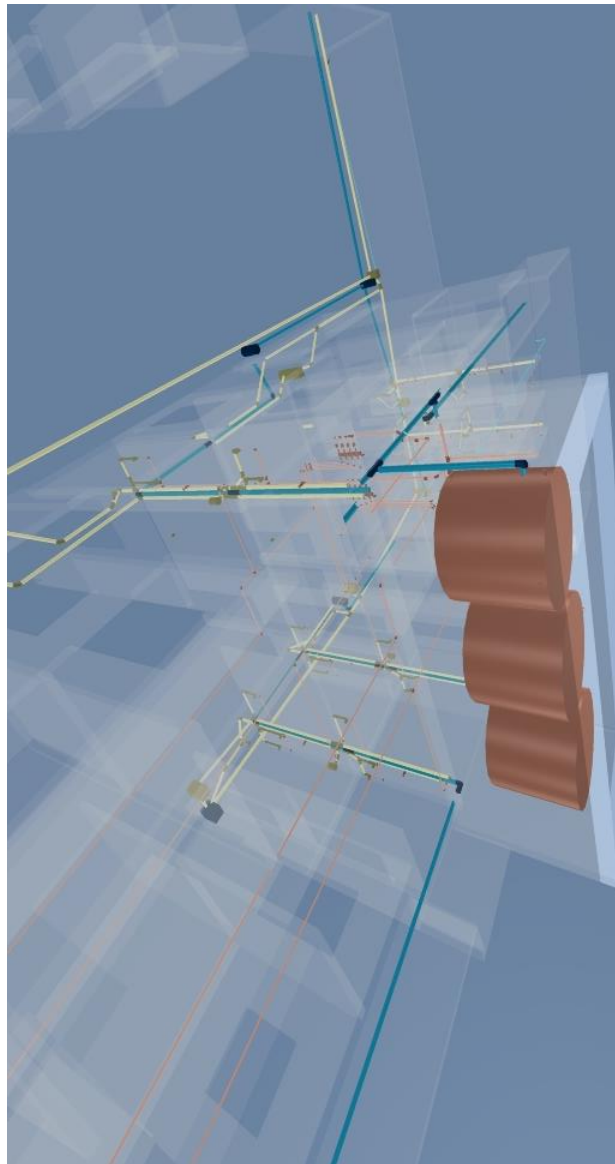
Fonte: Empresa A, modificado.

### 3.1.4 Caracterização do projeto hidrossanitário

A edificação possui uma reserva de 15 mil litros de água potável, divididas em três reservatórios com capacidade de armazenamento de cinco mil litros cada. A edificação conta com hidrômetros individuais para cada apartamento. Para a rede sanitária a edificação conta com sete caixas de passagem de esgoto sanitário, quatro caixas de gordura e três caixas de areia para rede pluvial.

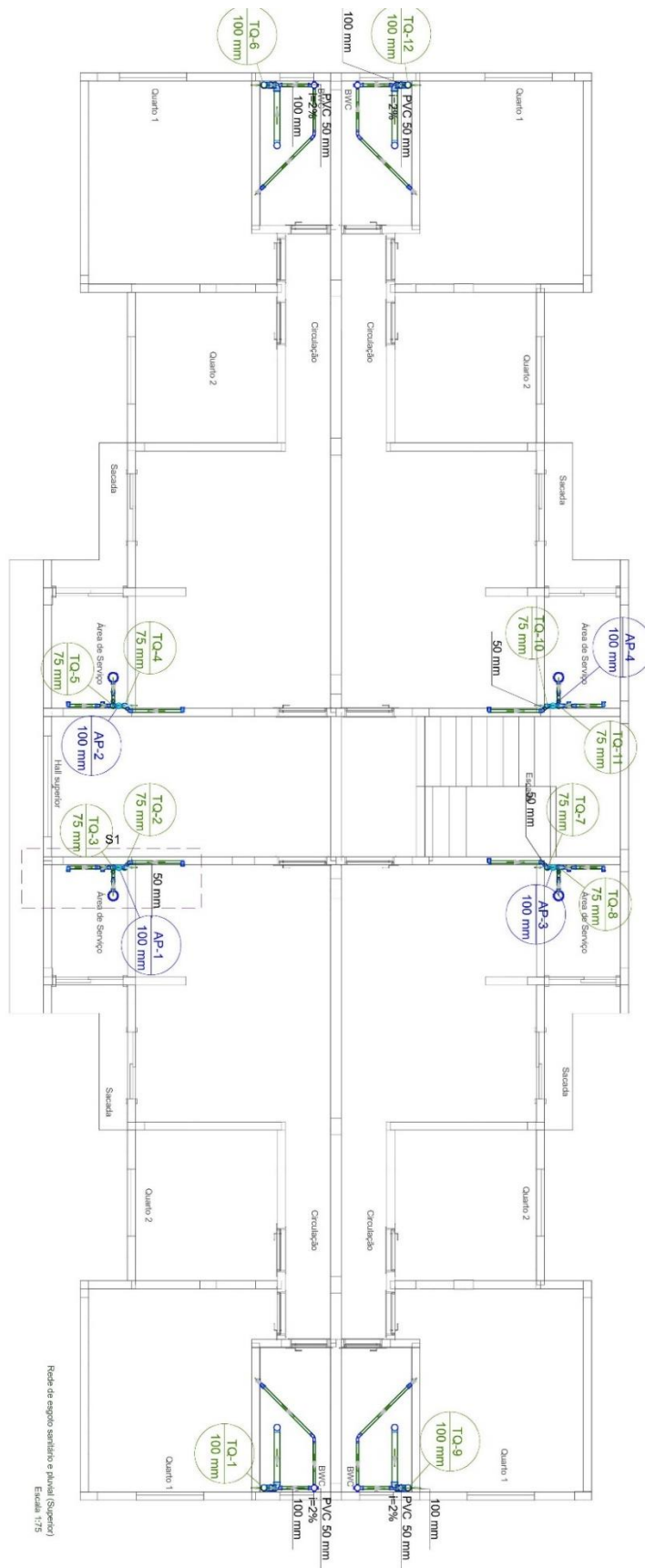
As Figuras 21 a 23 apresentam um detalhamento do projeto hidrossanitário, importante para a compreensão do projeto.

Figura 21 - PROJETO HIDROSSANITÁRIO EM 3D



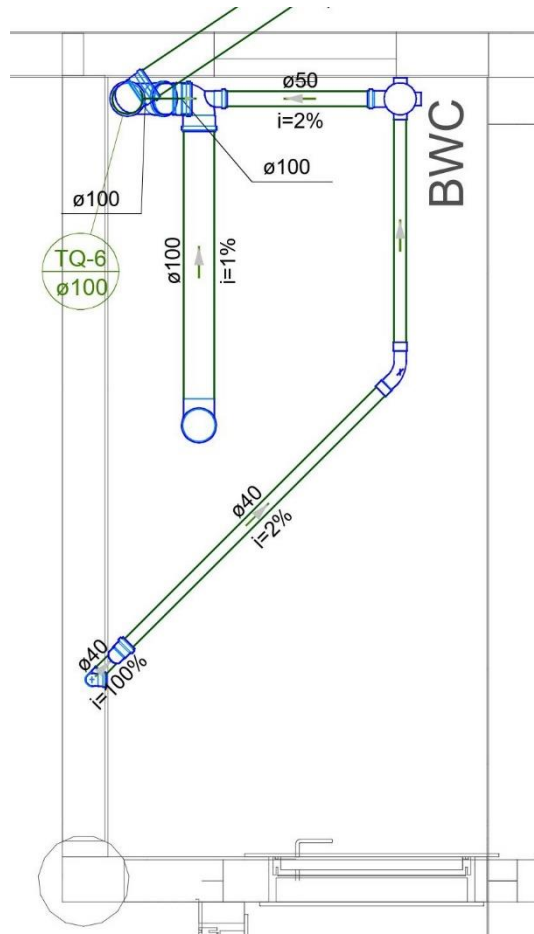
Fonte: O Autor.

Figura 22 – PROJETO SANITÁRIO DO PAVIMENTO SUPERIOR SEM ESCALA



Fonte: Empresa A, modificado.

Figura 23 - DETALHE DE UM BANHEIRO DO TÉRREO

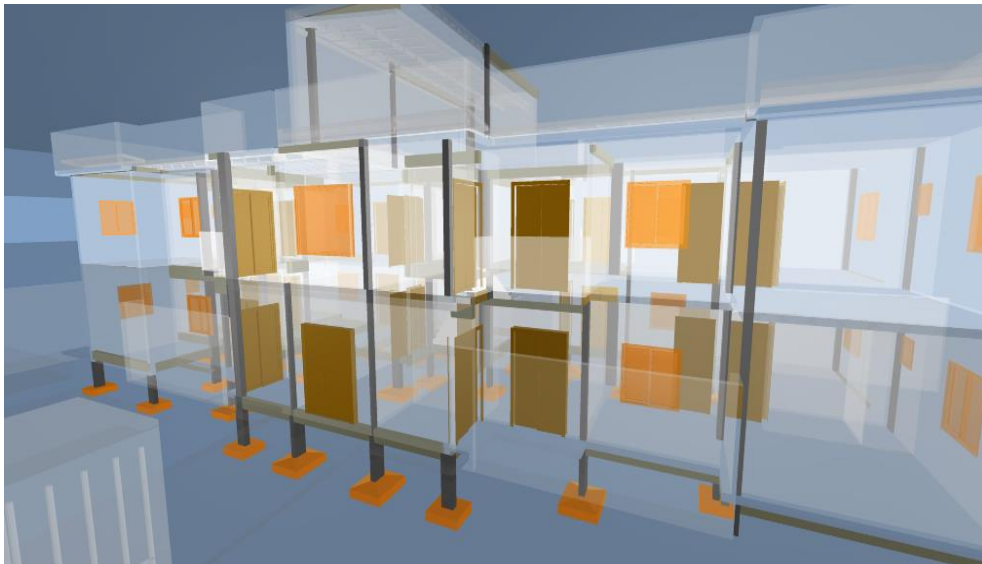


Fonte: Empresa A, modificado

## 4 PROCESSO DE COMPATIBILIZAÇÃO

Uma vez concluído o projeto arquitetônico, foi iniciado o processo de modelagem dos projetos complementares, começando pelo projeto estrutural. Em um primeiro momento, apenas uma comparação visual entre as diferentes disciplinas foi empregada. Esse processo de identificação visual de colisões busca identificar as interferências mais aparentes e direcionar as modelagens dos projetos seguintes, buscando diminuir o retrabalho devido a falhas na modelagem. Após a identificação visual, estudo de caso foi iniciado. A Figura 24 ilustra a compatibilização visual.

Figura 24 - COMPATIBILIZAÇÃO VISUAL



Fonte: O Autor.

Segundo Sena (2012), na busca de otimizar o processo de compatibilização, o conhecimento prévio dos principais causadores de interferência é de vital importância, possibilitando assim a confrontação mais assertiva das disciplinas de projetos envolvidas, minimizando o gasto de tempo do projetista.

Como já dito anteriormente, o foco do estudo de caso é na análise das seguintes disciplinas de projetos: arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico e sanitário.

Baseado nos estudos de SENA (2012); CALLEGARI (2007); DELESDERRIER (2015) e TEIXEIRA (2016), foi possível identificar e resumir os principais causadores de colisões entre os projetos.



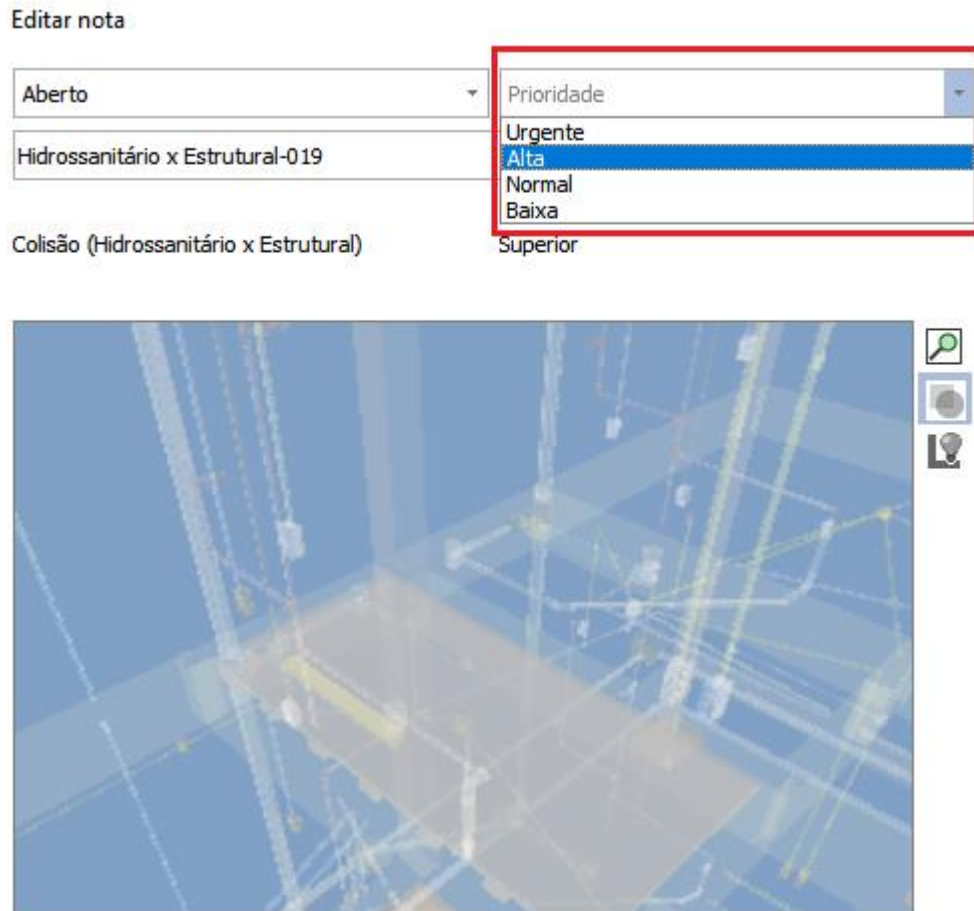
#### 4.1 DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS NO MODELO

O software utilizado para a compatibilização dos projetos foi o QiBuilder, da AltoQi. Esse programa, diferentemente do que indica EASTMAN (2014), não define as colisões como *hard* para colisões graves ou *soft* para colisões leves mas dá a opção do usuário definir entre baixa, normal, alta e urgente, conforme ilustrado na Figura 25.

Para o estudo de caso foram consideradas apenas as seguintes categorias de prioridades:

- Prioridade baixa: categoria utilizada para colisões devido ao sistema construtivo como no caso de mangueiras corrugadas colidindo com lajes ou tubos hidráulico colidindo com paredes de fechamento.
- Prioridade alta: essa categoria foi utilizada para os casos em que foram detectadas colisões devido ao erro de modelagem onde em uma situação real de obra a execução não aconteceria da forma modelada, como no caso de tubulações sanitárias totalmente dentro da laje. Situação que será demonstrada nos próximos tópicos.
- Prioridade urgente: Categoria utilizada para colisões que impactam fortemente na execução e nos custos da obra, como tubulações com grande diâmetro colidindo com vigas.

Figura 25 - CATEGORIAS DE COLISÕES



Fonte: O Autor

A identificação de interferências teve como foco as interações entre disciplinas já apresentadas anteriormente, portando as análises irão se ater a apenas essas interações.

#### 4.1.1 Estrutural x Hidrossanitário

Dentre as interferências estudadas, as colisões entre o estrutural e o hidrossanitário são as mais impactantes e de solução com custo mais elevado, podendo ser destacadas as colisões entre vigas e tubos com grandes diâmetros, sendo necessário um reforço estrutural na viga com passagem de tubulação. A falta de reforço causa diminuição da resistência da viga, diminuindo assim a segurança da estrutura da edificação.

Outras colisões que também são bastante comuns, como a interseção de tubulações verticais e lajes, ocorrem devido ao método construtivo, onde em alguns

casos não são feitos *shafts* mas sim descidas verticais. O Quadro 3 mostra as principais interferências entre o estrutural e o hidrossanitário.

Quadro 3 – ESTRUTURAL X HIDROSSANITÁRIO

Disciplinas	Principais interferências
<b>Estrutural x Hidrossanitário</b>	Interseção entre tubos hidráulicos e sanitários com vigas
	Interseção entre tubos sanitários e hidráulicos com pilares
	Interseção entre dutos verticais de descida com lajes
	Interseção entre tubos sanitários e hidráulicos com lajes

Fonte: O Autor

#### 4.1.2 Estrutural x Elétrico

As interferências entre essas disciplinas ocorrem em sua maioria devido ao método construtivo, onde os conduites são concretados dentro das lajes e vigas, assim como as caixas das luminárias também são concretadas nas lajes.

Os pontos de interferências que demandam atenção são as colisões entre as tomadas, quadro de distribuição e disjuntores com pilares. O Quadro 4 mostra as principais interferências entre o estrutural e o elétrico.

Quadro 4 - ESTRUTURAL X ELÉTRICO

<b>Disciplinas</b>	<b>Principais interferências</b>
<b>Estrutural x Elétrico</b>	Insterseção entre interruptores e quadros de distribuição com pilares
	Insterseção entre mangueira corrugada e pilares
	Insterseção entre mangueira corrugada e lajes
	Desalinhamento da altura das luminarias com a laje
	Insterseção entre mangueira corrugada e vigas

Fonte: O Autor

#### 4.1.3 Arquitetônico x Estrutural

Dentre os problemas mais recorrentes verificados entre essas disciplinas, pode ser destacada a interseção entre pilares e vigas com esquadrias, problema que se não verificado e corrigido pode modificar a estética do empreendimento, podendo desalinhar portas e janelas. Além de modificar a estética, a colocação de vergas e contra vergas também é prejudicada, podendo acarretar em patologias futuras.

Outro problema devido a não compatibilização é o desalinhamento entre os elementos estruturais com paredes e *shafts*, gerando retrabalho e mais custos. O Quadro 5 ilustra as principais interferências entre o arquitetônico e estrutural.

Quadro 5 - ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL

<b>Disciplinas</b>	<b>Principais interferências</b>
<b>Arquitetônico x Estrutural</b>	Insterseção entre pilares e vigas com esquadrias
	Desalinhamentos entre elementos estruturais e paredes
	Desalinhamento entre shafts e elementos estruturais

Fonte: O Autor

#### 4.1.4 Arquitetônico x hidrossanitário

Na compatibilização dessas disciplinas os principais problemas se dão pela necessidade de passar as tubulações de água fria e quente pelas paredes, fazendo com que um número elevado de colisões seja apresentado, porém, essas colisões são devidas ao método construtivo, onde são feitos “rasgos” nas paredes para passagem das tubulações.

Já as interseções entre tubos e esquadrias são erros de projeto e devem ser corrigidas, assim como o desalinhamento entre os aparelhos como vasos sanitários e pias com as tubulações, que devem atender as posições previamente decididas no projeto arquitetônico. O Quadro 6 mostra as principais interferências entre o Arquitetônico e o hidrossanitário.

Quadro 6 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO

Disciplinas	Principais interferências
<b>Arquitetônico x Hidrossanitário</b>	Interseção entre tubos hidráulicos e sanitários com paredes de fechamento
	Interseção entre tubos sanitários e sanitários com esquadrias
	Desalinhamento entre prumadas e paredes
	Desalinhamento entre posicionamento de aparelhos (vasos, toneiras, chuveiros) e posicionamento das tubulações

Fonte: O Autor

#### 4.1.5 Arquitetônico x elétrico

As principais interferências entres essas disciplinas são entre as mangueiras corrugadas e as paredes, porém, essas colisões entre elementos são devido ao método construtivo, onde são feitos “rasgos” nas paredes para a passagem das tubulações.

Outras colisões bastante comuns são entre as tomadas, interruptores e quadros de distribuição com esquadrias, além disso, as mangueiras corrugadas e esquadrias também sofrem colisões frequentemente. O Quadro 7 mostra as principais interferências entre o arquitetônico e o elétrico.

Quadro 7 - ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO

<b>Disciplinas</b>	<b>Principais interferências</b>
<b>Arquitetônico x Elétrico</b>	Interseção entre paredes e mangueiras corrugadas
	Interseção entre interruptores com esquadrias
	Interseção entre mangueiras corrugadas e esquadrias

Fonte: O Autor

#### 4.1.6 Elétrico x hidrossanitário

Para essas disciplinas as principais interferências são em relação à interseção de tubos e mangueiras corrugadas, tubos e luminárias e entre tubos, interruptores e tomadas. O Quadro 8 mostra as principais interferências entre o elétrico e o hidrossanitário.

Quadro 8 - ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO

<b>Disciplinas</b>	<b>Principais interferências</b>
<b>Elétrico x Hidrossanitário</b>	Interseção entre tubos e mangueiras corrugadas
	Interseção entre tubos e luminarias
	Interseção entre tubos e interruptores

Fonte: O Autor

## 5 RESULTADOS

Após a definição do conjunto de disciplinas que seriam analisados, o processo seguinte consistiu em verificar as colisões de cada conjuntos separadamente e assim foi possível catalogar e definir se as interferências eram de prioridade baixa, prioridade alta ou urgente. Essa análise se repetiu para todos os conjuntos previamente definidos, onde pode-se observar um total 2770 colisões analisadas e classificadas.

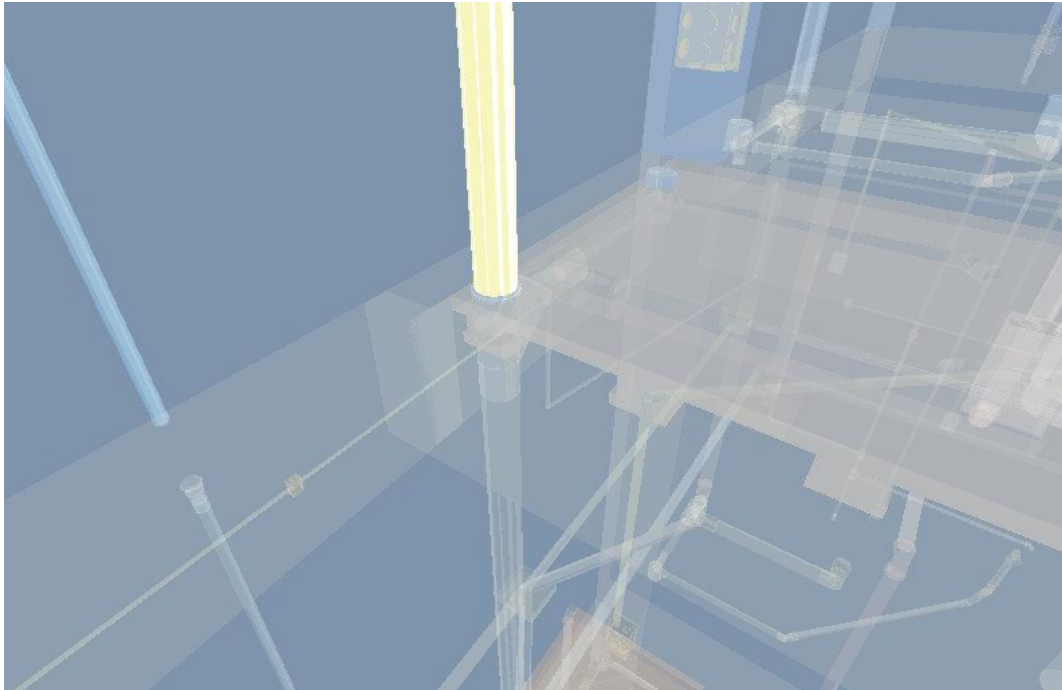
### 5.1 ESTRUTURAL X HIDROSSANITÁRIO

No Quadro 9 pode-se observar que o estrutural e hidrossanitário apresentaram no total 305 colisões de elementos, onde 133 foram classificadas com baixa prioridade, visto que essas colisões são devido ao método construtivo como representado na Figura 26, onde a tubulação vertical passa pela laje, método bastante utilizado em edificações de múltiplos pavimentos que não possuem *shafts*.

Já com prioridade alta foram verificadas 55 colisões, essas colisões ocorrem devido a erros de modelagem relacionados à altura de elementos, como apresentados na Figura 28 do estudo de caso, onde a tubulação do sanitário do banheiro está colidindo com a laje e o método construtivo prevê que as tubulações sanitárias dos banheiros estejam abaixo da laje.

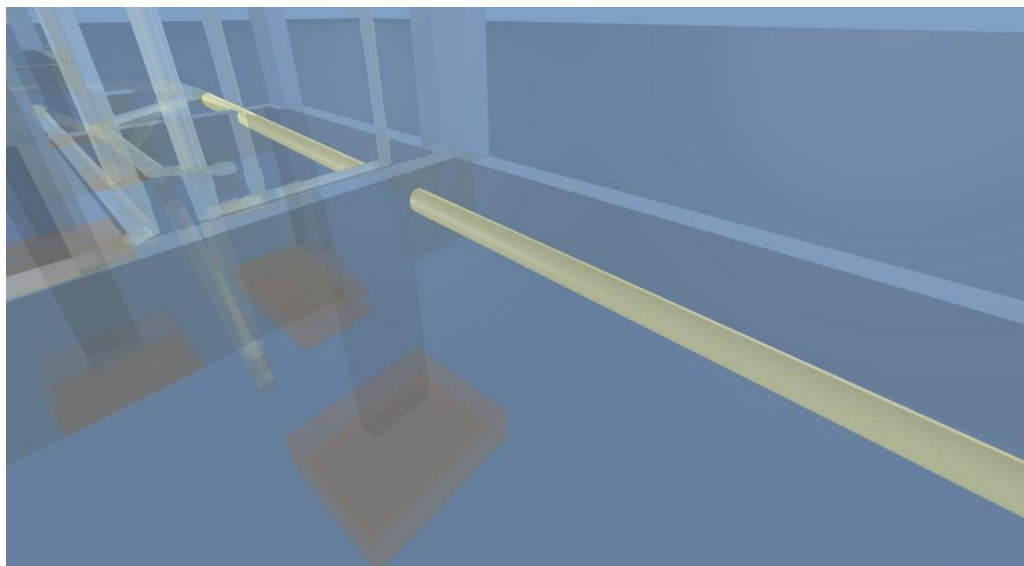
Já as colisões consideradas como urgentes foram verificadas um total de 117 vezes no estudo de caso, devido principalmente ao pavimento térreo, onde inicialmente não foi definido se as tubulações deveriam passar por baixo das vigas baldrame ou se deveriam ter sido feitas esperas de passagem nas vigas, essa colisão pode ser observada na Figura 27.

Figura 26 - COLISÃO DEVIDA AO MÉTODO CONSTRUTIVO



Fonte: O Autor

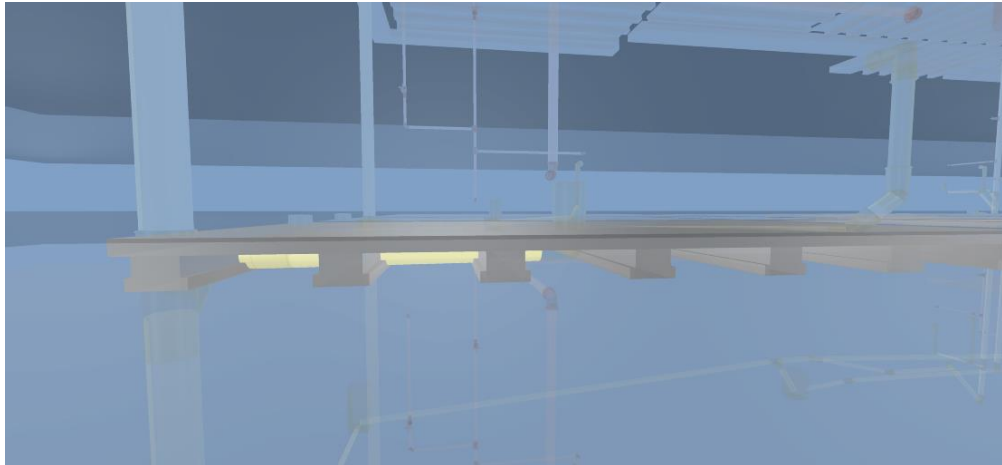
Figura 27 - COLISÃO ENTRE TUBULAÇÃO E VIGA BALDRADROME



Fonte: O Autor



Figura 28 - COLISÃO ENTRE TUBULAÇÃO E LAJE



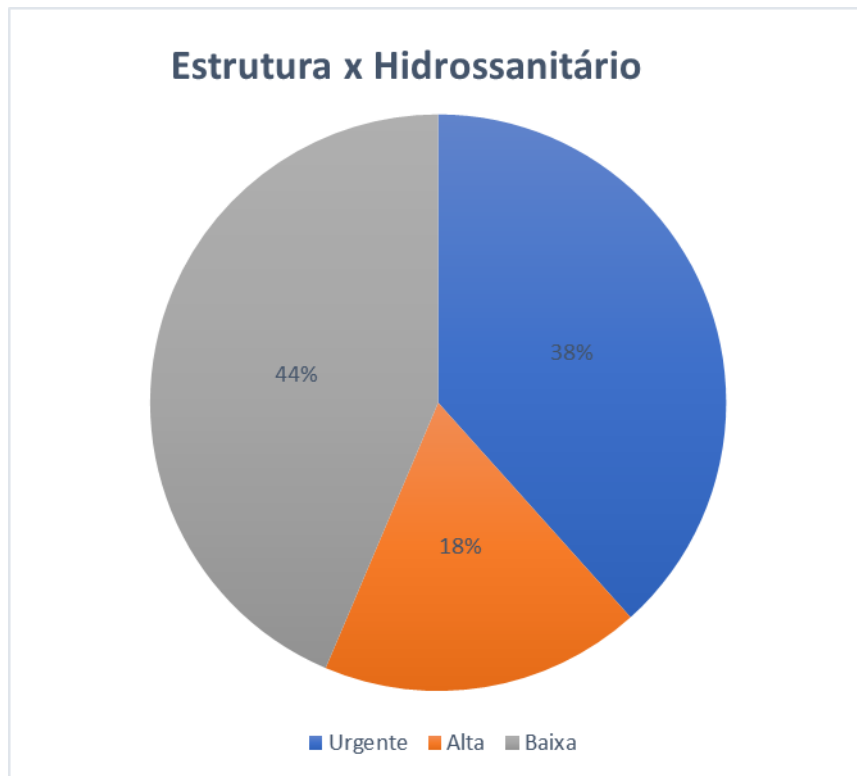
Fonte: O Autor

Quadro 9 – ESTRUTURA X HIDROSSANITÁRIO

<b>Estrutura x Hidrossanitário</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	117	Tubulações atravessando vigas e pilares
Alta	55	Erros de modelagem geralmente relacionados a altura dos elementos
Baixa	133	Colisão devido metodo construtivo
<b>Total</b>	<b>305</b>	

Fonte: O Autor

Figura 29 – PORCENTAGEM ESTRUTURA E HIDROSSANITÁRIO



Fonte: O Autor

Observando a Figura 29 é possível concluir que a principal categoria de colisão apresentada foi a de baixa prioridade, onde 44% das colisões se encontram nessa classificação, nenhuma atitude deve ser tomada visto que ocorreram devido a fatores construtivos como já mencionado anteriormente. Com 38% temos a segunda maior ocorrência de colisões, na categoria urgente, onde deve-se dar prioridade na hora da correção, visto que esse tipo de interferência pode causar grande impacto na hora da execução da obra.

Com 18% das ocorrências temos prioridade alta, esse percentual se deu devido a modelagem inicial dos elementos sanitários dos banheiros do pavimento superior não levar em consideração a altura da laje.

## 5.2 ESTRUTURAL X ELÉTRICO

No Quadro 10 pode-se observar que as disciplinas de projeto estrutural e elétrico apresentaram um total de 848 colisões, valor que pode ser considerado elevado, onde 840 colisões ocorreram devido ao método construtivo, sendo

consideradas de baixa prioridade e 8 colisões foram classificadas como urgente em nível de prioridade.

O número elevado de colisões ocorreu porque as mangueiras corrugadas utilizadas para a passagem da fiação elétrica são concretadas junto com a laje, fazendo com que o programa reconheça essa interseção e aponte como uma colisão, essa situação fica visível na Figura 30. Outra colisão considerada de baixa prioridade ocorre devido às caixas octogonais das luminárias, que também são concretadas junto com as lajes, como ilustrado na Figura 31.

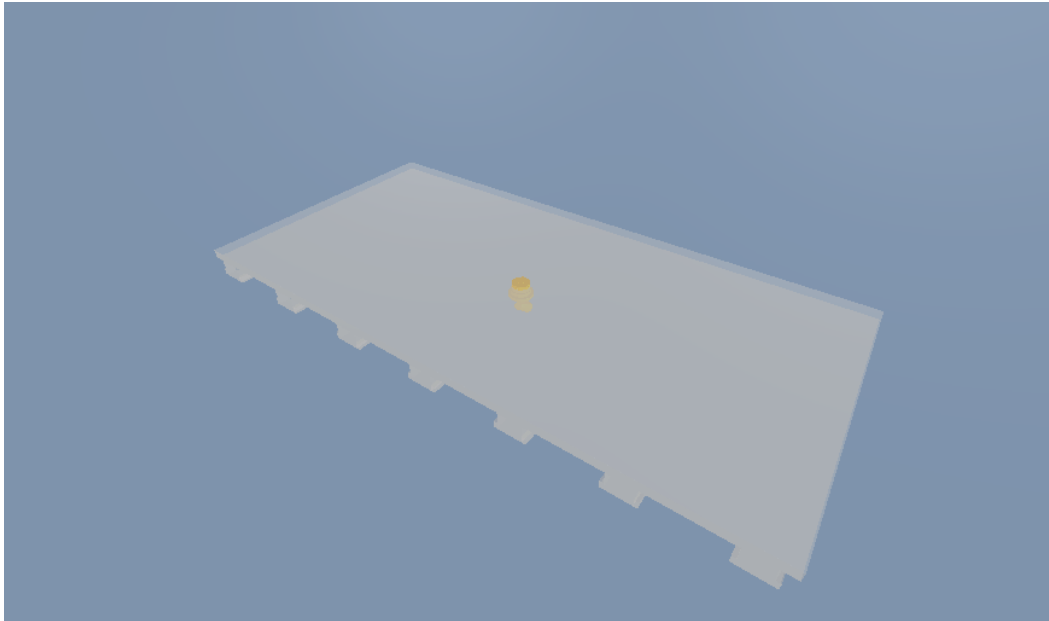
Já as interferências classificadas como urgente se devem ao fato da mangueira corrugada estar passando por dentro do pilar, como pode-se ver na Figura 32, caso não seja modificado, quebrar um pedaço do pilar além de enfraquecer a estrutura também contribui para oxidação da armadura, visto que o cobrimento nominal do pilar não está sendo respeitado.

Figura 30 - MANGUEIRA CORRUGADA COLIDINDO COM A LAJE



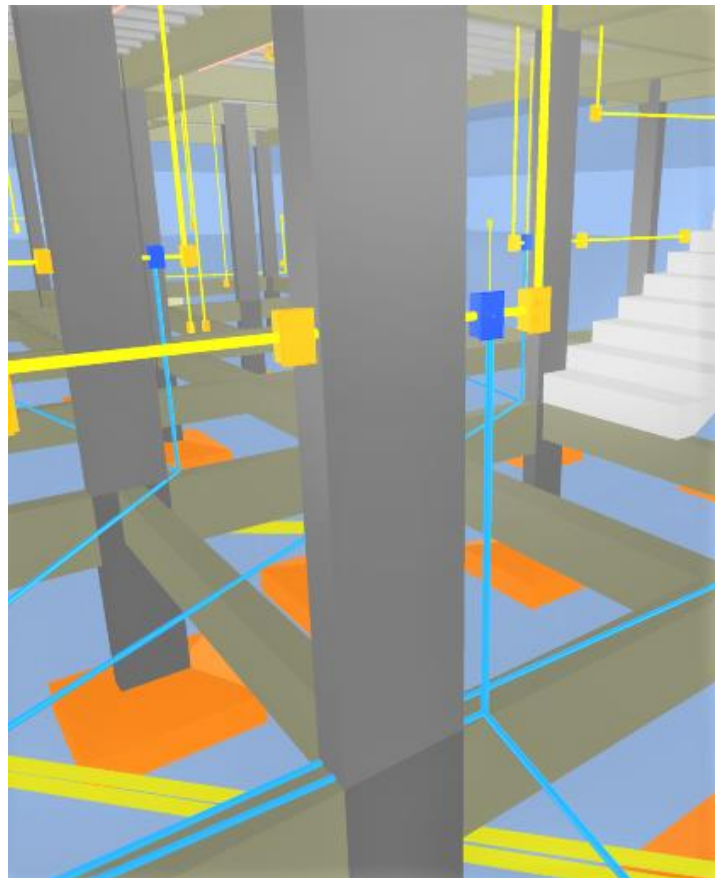
Fonte: O Autor

Figura 31 - CAIXA OCTOGONAL COLIDINDO COM LAJE



Fonte: O Autor

Figura 32 - MANGUEIRA CORRUGADA COLIDINDO COM PILAR



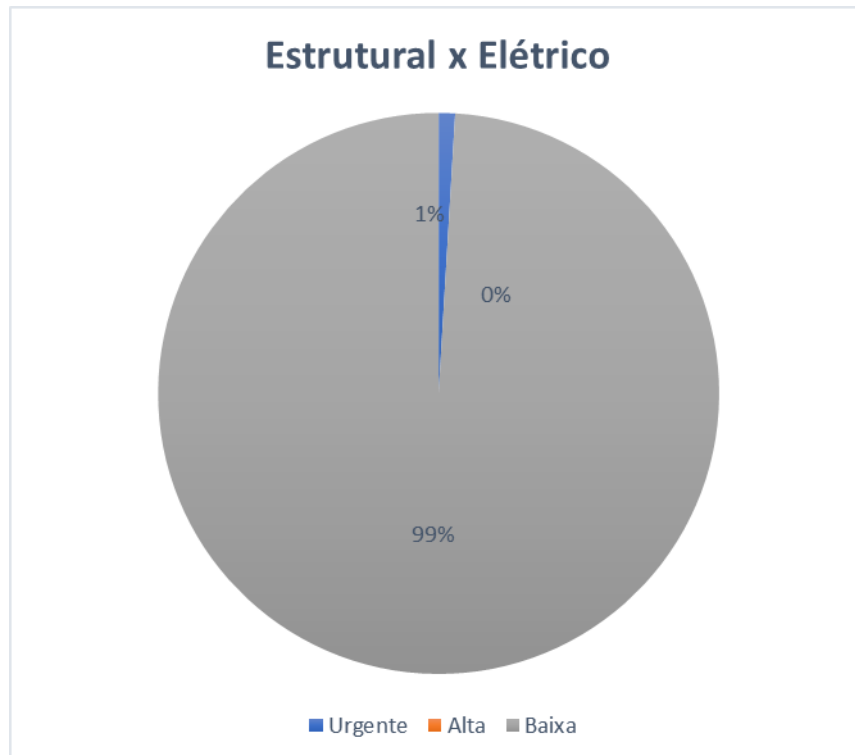
Fonte: O Autor

Quadro 10 - ESTRUTURA X ELÉTRICO

<b>Estrutura x Elétrico</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	8	Mangueira corrugada dentro de pilar
Alta	0	
Baixa	840	Colisão devido metodo construtivo
<b>Total</b>	<b>848</b>	

Fonte: O Autor

Figura 33 - PORCENTAGEM ESTRUTURAL E ELÉTRICO



Fonte: O Autor

Analisando o quadro 10 e a Figura 33 pode-se perceber que as interferências entre as disciplinas de projeto estrutural e projeto elétrico têm pouca influência na quantidade de interferências relevantes, que são as de prioridade alta e urgente. O número baixo de interferências significativas mostra que as instalações elétricas têm pouca influência em custos referente a retrabalho, já que 99% das colisões são necessárias para a execução da obra.

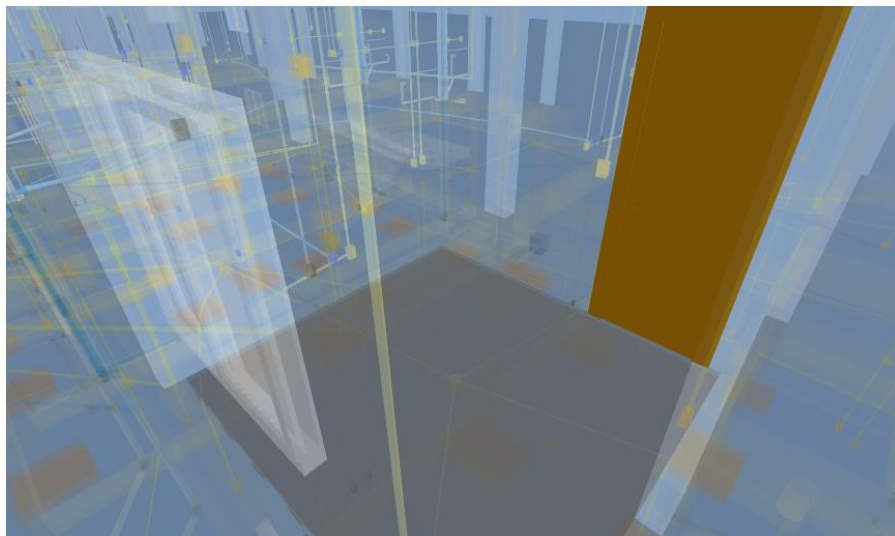
### 5.3 ARQUITETÔNICO X ESTRUTURAL

Como logo após a modelagem do projeto estrutural foi realizada uma compatibilização prévia, utilizando apenas a sobreposição dos modelos de arquitetura e de estruturas, a análise feita posteriormente pelo *software* não apresentou nenhuma colisão considerada como urgente, apenas colisões consideradas de alta prioridade.

As 156 colisões apresentadas Quadro 11, ocorreram devido a interseção dos batentes das portas com as lajes, a Figura 34 ilustra essa colisão. Essas colisões ocorreram graças a erros de modelagem onde não foram considerados as alturas do contrapiso e das cerâmicas do piso no modelo de arquitetura.

Mesmo com o erro sendo considerado de alta prioridade na prática esse erro de modelagem não irá interferir na obra, visto que na execução as portas só serão instaladas após o nivelamento do piso e não diretamente sobre a laje.

Figura 34 - COLISÃO ENTRE O ARQUITETÔNICO E O ESTRUTURAL



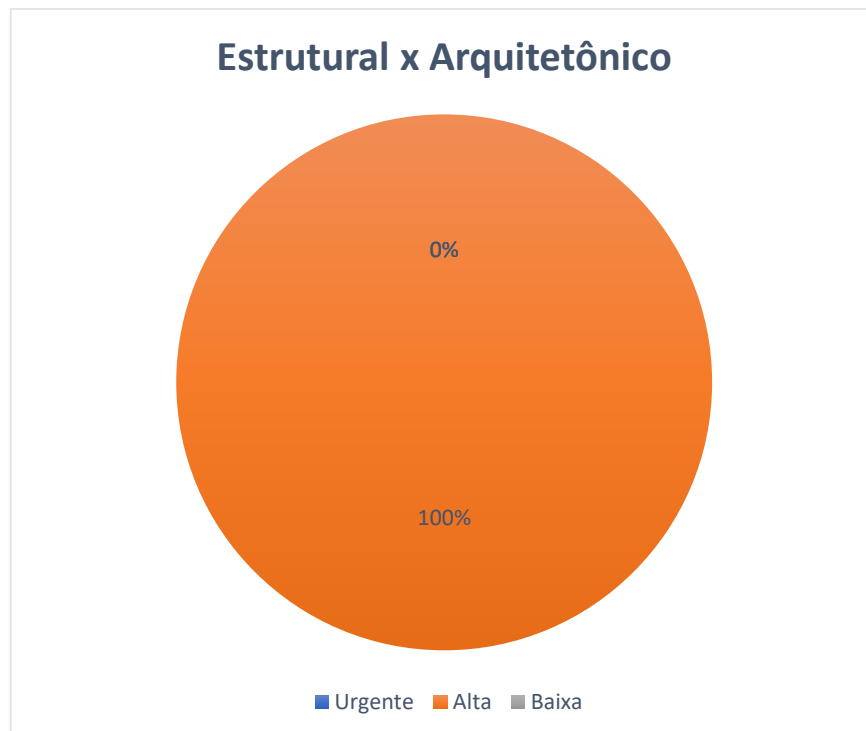
Fonte: O Autor

Quadro 11 - ESTRUTURA X ARQUITETÔNICO

<b>Estrutura x Arquitetônico</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	0	
Alta	156	Erros de modelagem
Baixa	0	
<b>Total</b>	<b>156</b>	

Fonte: O Autor.

Figura 35 - PORCENTAGEM ESTRUTURAL E ARQUITETÔNICO



Fonte: O Autor

No que diz respeito a Figura 35, as colisões entre os projetos estrutural e arquitetônico podem ser consideradas relevantes, visto que 100% delas são de prioridade alta, porém, essa relevância é considerada apenas no âmbito de projeto e não de obras, pois esse erro não afeta diretamente a instalação das portas e nem a execução da laje, visto que processo de instalação das portas já tem um método construtivo usual, não dependendo de especificações de altura do batente em projeto.

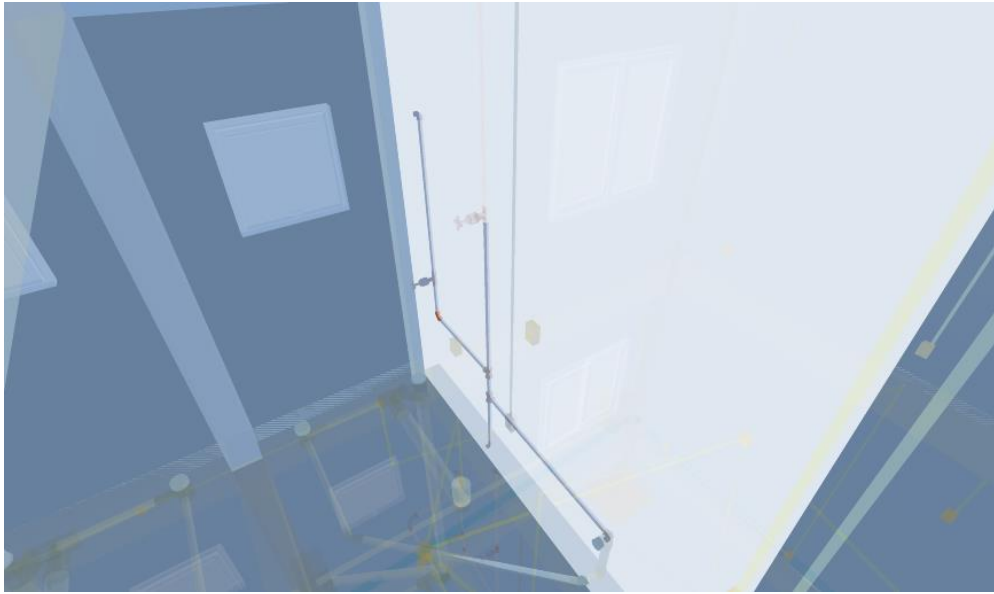
#### 5.4 ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO

De acordo com o Quadro 12, a detecção de colisões entre a arquitetura e o hidrossanitário apresentou um total de 608 colisões, onde 596 foram consideradas de baixa prioridade e 12 colisões foram consideradas como de prioridade urgente. As colisões de baixa prioridade ocorrem devido ao método construtivo que utiliza “rasgos” nas paredes de alvenaria para a passagem de tubulações hidráulicas, como observado na Figura 36.

Já as colisões consideradas como de prioridade urgente ocorreram devido a interseção de tubulações do esgoto e portas, ocasionadas pela não aplicação de inclinação no projeto sanitário, essa colisão é representada na Figura 37. A inclinação das tubulações do projeto sanitário é de suma importância para a execução do projeto e pode causar prejuízos financeiros se o projeto não for corrigido.

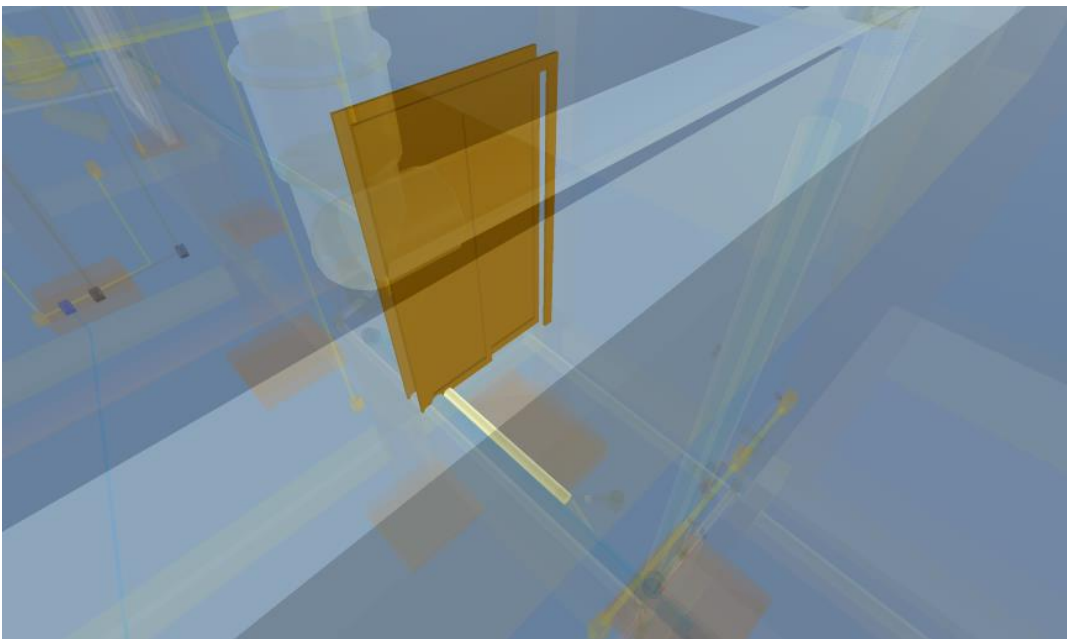


Figura 36 - COLISÃO ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO



Fonte: O Autor

Figura 37 - COLISÃO ENTRE O ARQUITETÔNICO E HIDROSSANITÁRIO



Fonte: O Autor

Quadro 12 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO

<b>Arquitetonico x Hidrossanitário</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	12	Tubulação colidindo com porta
Alta	0	
Baixa	596	Colisão devido metodo construtivo
<b>Total</b>	<b>608</b>	

Fonte: O Autor

Figura 38 - ARQUITETÔNICO X HIDROSSANITÁRIO



Fonte: O Autor

Observando a Figura 38 vemos que 98% das colisões encontradas pelo *software* não tem relevância e que apenas 2% tem impacto direto na construção. Quando olhamos o Quadro12 vemos um total de 12 colisões urgentes, todas

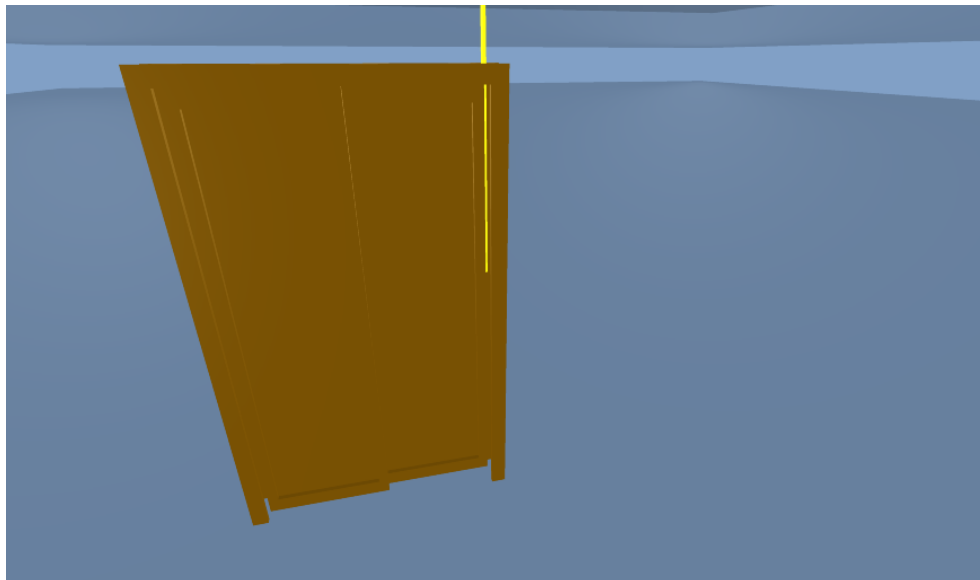
ocasionadas pelo mesmo motivo, tubulações sem inclinação, não levando em conta os percentuais obrigatórios para tubulações sanitárias.

## 5.5 ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO

A detecção de interferência entre as disciplinas de projeto arquitetônico e elétrico detectou um total de 804 colisões, onde 795 são de baixa prioridade e apenas 9 são consideradas como urgente. Assim como no caso anterior entre arquitetônico e hidrossanitário, o método construtivo tem influência direta no número elevado de interferências de baixa prioridade.

As colisões classificadas como de prioridade urgente ocorreram devido ao posicionamento de interruptores sobre portas e também pela passagem de mangueiras corrugadas sobre as portas, situação mostrada na Figura 39.

Figura 39 - MANGUEIRA CORRUGADA X PORTA



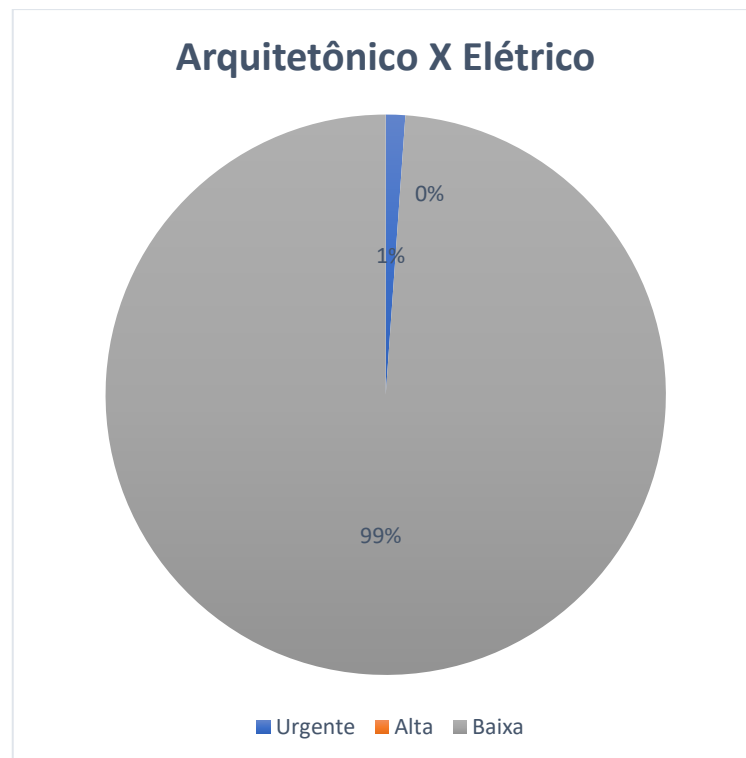
Fonte: O Autor

Quadro 13 - ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO

<b>Arquitetônico x Elétrico</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	9	Interruptores sobre portas
Alta	0	
Baixa	795	Colisão devido metodo construtivo
<b>Total</b>	<b>804</b>	

Fonte: O Autor

Figura 40 - PORCENTAGEM ARQUITETÔNICO X ELÉTRICO



Fonte: O Autor

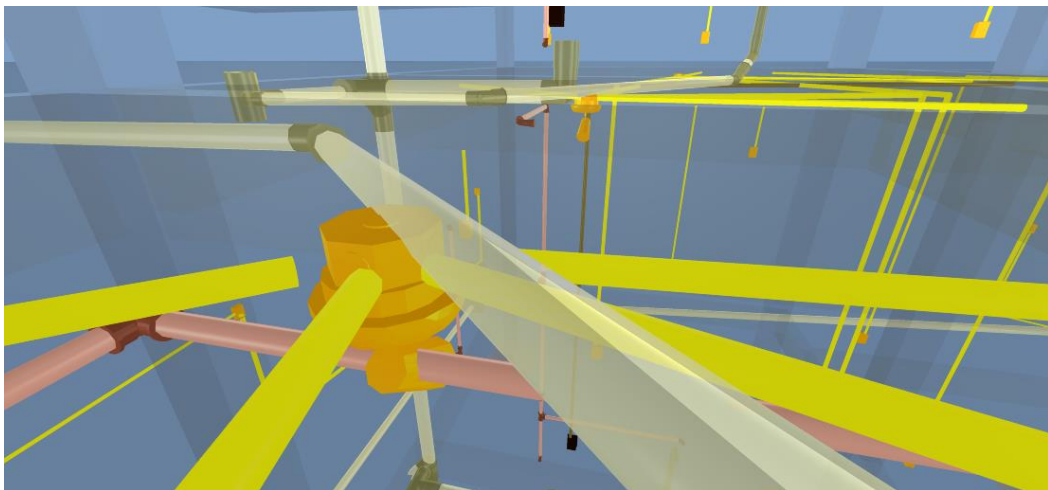
Observando a figura 40 e o Quadro 13 fica clara a influência do método construtivo no total de colisões. No método construtivo usual, as paredes são “rasgadas” para a passagem das mangueiras corrugadas e devido a quantidade de

tomadas, interruptores e luminárias presentes no projeto, o número elevado de mangueiras passando pelos “rasgos” explica a quantidade elevada de colisões.

## 5.6 ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO

Para o caso de colisões entre as tubulações dos projetos elétrico e hidrossanitário temos um total de 49 colisões, todas consideradas de alta prioridade. Apesar da mangueira corrugada ser flexível e de fácil manuseio, o que poderia definir as colisões como baixa prioridade, as interferências aconteceram devido ao erro na modelagem da altura das instalações sanitárias dos banheiros, já citado anteriormente, e também pela falta de inclinação da tubulação hidrossanitária do térreo, sendo assim, todas as colisões são consideradas como de alta prioridade.

Figura 41 - LUMINARIA X TUBULAÇÃO



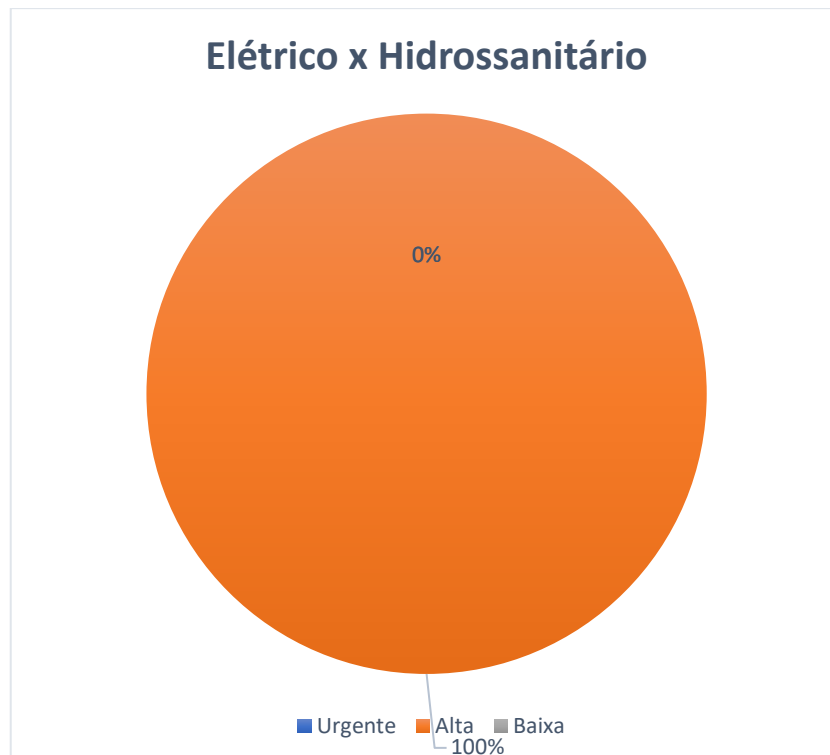
Fonte: O Autor

Quadro 14 - ELÉTRICO X HIDROSSANITÁRIO

<b>Elétrico x Hidrossanitário</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	0	
Alta	49	Tubulação hidrossanitária passando pela laje e encontrando mangueiras corrigidas
Baixa	0	
<b>Total</b>	<b>49</b>	

Fonte: O Autor

Figura 42 - PORCENTAGEM ELÉTRICO E HIDROSSANITÁRIO



Fonte: O Autor

Observando o Quadro 14 e a Figura 42 vemos que o número de colisões é baixo se comparado com outras disciplinas e todas as colisões são facilmente resolvidas na fase de projetos.

## 5.7 TOTAL DE INTERFERÊNCIAS ENCONTRADAS

Após a coleta e análise dos dados separadamente conforme mostrado no Quadro 15, foi possível identificar as quantidades e percentuais de colisões. O total de colisões apresentadas no projeto é de 2770, onde 2364 são de baixa prioridade, 260 de alta prioridade e 146 classificadas como urgente.

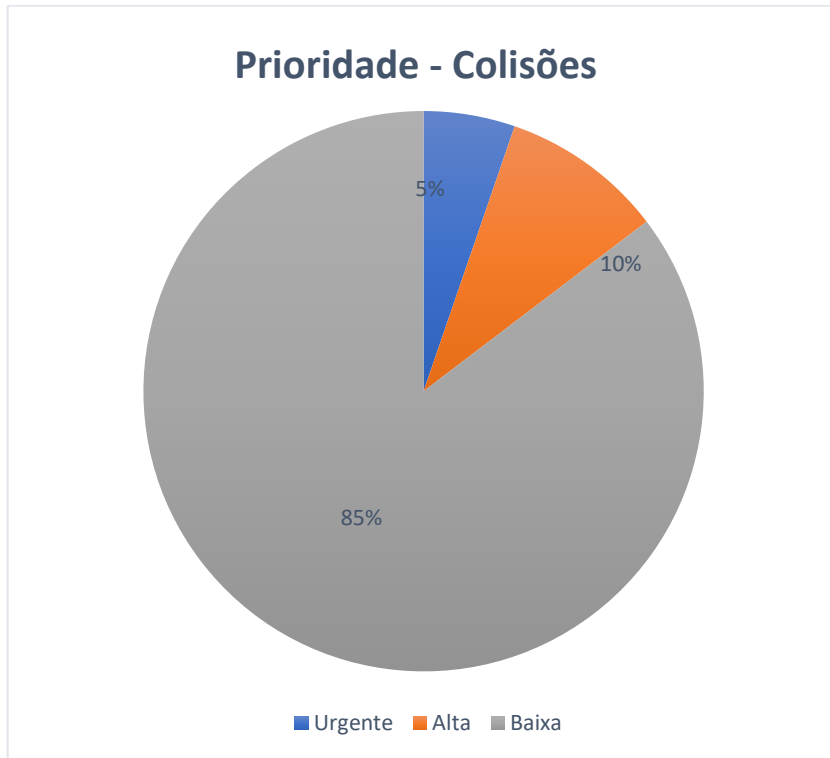
As colisões de baixa prioridade em sua maioria estão relacionadas com o método construtivo adotado na construção do empreendimento e não necessitam de modificação. Já as colisões consideradas com prioridade alta e urgente aconteceram devido a modelagem do projeto, porém o que diferencia as duas categorias é a gravidade do erro, as colisões urgentes tem impacto direto na obra, tanto financeiro quanto visual.

Quadro 15 - TOTAL DE COLISOES ENCONTRADAS

<b>Colisões</b>		
<b>Prioridade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Urgente	146	Impactam diretamente na obras e devem ser solucionadas rapidamente
Alta	260	Erros devido a modelagem, devem ser modificadas e verificadas novamente quanto as colisoes
Baixa	2364	Devido ao metodo construtivo como tubulações dentro de paredes, conduites dentro das lajes
<b>Total</b>	<b>2770</b>	

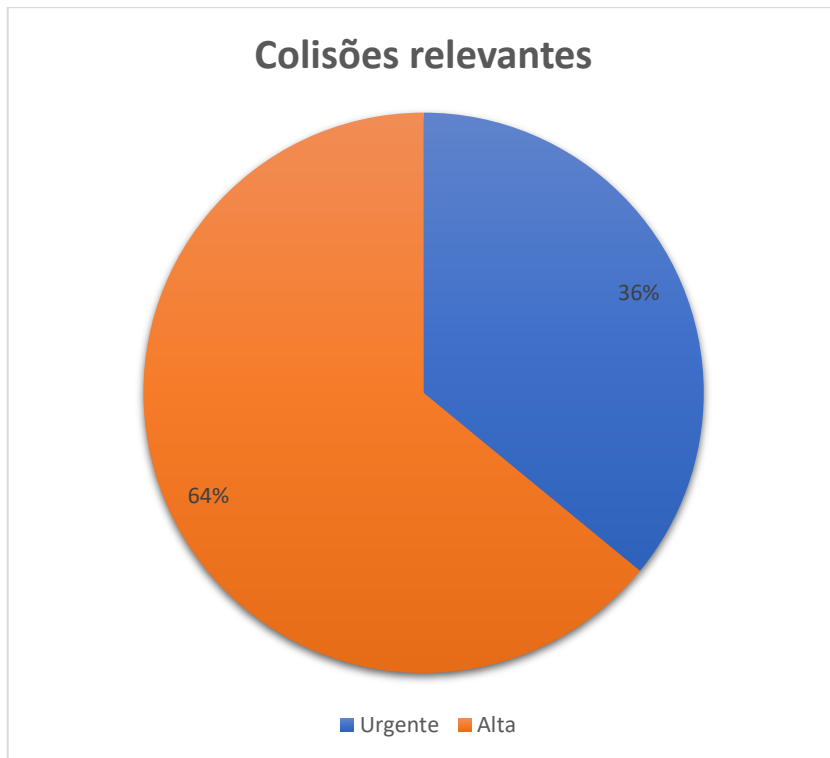
Fonte: O Autor

Figura 43 - PORCENTAGEM DE COLISÕES



Fonte: O Autor

Figura 44 - PORCENTAGEM DE COLISÕES RELEVANTES



Fonte: O Autor



Observando o quadro 15 e a Figura 43 vemos que as colisões de baixa prioridade representam 85% de todas as colisões, devido principalmente às disciplinas projeto elétrico e hidrossanitário onde o método construtivo impactou diretamente nos resultados apresentados. Se forem levadas em consideração apenas as colisões que impactam no projeto e necessitam de modificações como mostrado na Figura 44 temos que 64% são de colisões de prioridade alta e 36% são colisões consideradas urgente.

## 5.8 CUSTOS

Para Leone (1998), apesar de serem repetitivos e parecerem vagos, os conceitos de custos não são utilizados sozinhos e são melhor definidos quando acompanhados de descrições como custo direto, custo indireto, custo fixo, variável, entre outros. Existem várias classificações e elas dependem das características e do formato de informações que se busca.

Segundo Colpo (2016), na área da construção civil os custos são reconhecidos como os gastos com: mão de obra; com insumos; com o consumo da vida útil dos equipamentos; da administração da obra; entre outros. Estes dispêndios da atividade da construção civil, são classificados como diretos e indiretos.

Segundo Chippari (2013), a compatibilização de projetos pode reduzir entre 5% e 10% os custos finais de um empreendimento. A redução de custos se dá não apenas pela redução do tempo gasto com retrabalhos, mas também com a diminuição de desperdício de materiais.

No projeto estudado pode ser observado que a interferência mais impactante é a passagem de tubulações hidrossanitárias pelas vigas, onde devido ao diâmetro das tubulações possivelmente será necessário fazer um reforço estrutural.

Utilizando as composições da tabela SINAPI, especificamente o código 90441, com preço dos insumos e mão de obra, foi possível precificar o custo de cada furo na viga, onde cada furo tem o custo de R\$ 130,79 e como o número total de furos é 117 o valor total gasto devido a não compatibilização é R\$ 15.302,17.

O levantamento de custos apresentado na Figura 46 desconsiderou alguns outros valores, como o custo de um engenheiro civil especialista em estruturas para avaliar os danos estruturais causados e os custos com o projeto e a execução do

reforço estrutural, caso necessário, mas já se mostra significativo mesmo que estimado abaixo do valor.

Quadro 16 - CUSTO DO FURO NA VIGA

02.INHI.COFI.006/0 1	90441	FURO EM CONCRETO PARA DIÂMETROS MAIORES QUE 75 MM. AF_05/2015	UN		Cortes e fixações	Custo por hora (R\$/h)	Custo por furo (R\$/furo)
COMPOSICAO	5795	MARTELETE OU ROMPEDOR PNEUMÁTICO MANUAL, 28 KG, COM SILENCIADOR - CHP DIURNO. AF_07/2016	CHP	0,75000 00		25,53	19,15
COMPOSICAO	5952	MARTELETE OU ROMPEDOR PNEUMÁTICO MANUAL, 28 KG, COM SILENCIADOR - CHI DIURNO. AF_07/2016	CHI	1,64700 00		23,86	39,30
COMPOSICAO	88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,37500 00		20,65	7,74
COMPOSICAO	88267	ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,39700 00		26,95	64,60
					Total	96,99	130,79

Fonte: Tabela SINAPI, modificado pelo autor

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 6.1 CONCLUSÃO

Foram apresentados os principais conceitos relativos à compatibilização de projetos utilizando o BIM, suas aplicações e benefícios. A partir de referências bibliográficas foram identificadas as disciplinas de projetos mais relevantes e suas funcionalidades.

A compatibilização em BIM foi aplicada no estudo de caso desenvolvido, e as interferências encontradas foram categorizadas e classificadas de acordo com o seu grau de importância, e os resultados obtidos foram demonstrados e avaliados. A partir desses resultados foi possível verificar que a disciplina de projetos hidrossanitários e projeto estrutural possuem a maior quantidade de interferências.

Apesar de nem todos os custos envolvidos com a falta de compatibilização utilizando o BIM terem sido levantados, os valores apresentados foram significativos e ilustram a eficácia do BIM.

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a compatibilização de projetos a partir da metodologia BIM é benéfica para a construção civil e que esse processo deve ser iterativo, visto que após a análise da compatibilização os projetos devem ser remodelados e novamente conferidos.

### 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se:

- Realizar um estudo aprofundado dos custos relativos a retrabalhos causados pela falta de compatibilização;
- Realizar estudo demonstrando as outras dimensões em BIM como 4D e 5D.

### 6.3 Referências

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

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532 Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura**. Comitê Brasileiro de Construção Civil. [S.l.], p. 8. 1995.

AYRES, C.; SCHEER, S. METACOMPILAÇÃO DE CLASSES PARA ACESSO A MODELOS IFC E SUGESTÕES PARA CRIAÇÃO DE CLASSES PARA ACESSO EM ALTO NÍVEL. **Gestão e tecnologia de projetos**, v. 4, n. 2, p. 112-138, Novembro 2009. ISSN ISSN 19811543.

CALLEGARI, S. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

CHECCUCCI, É. D. S. **Colaboração e Interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM)**. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro - PB, p. 4. 2011.

CHIPPARI, P. Cimento Itambé. **Site da cimento Itambé**, 2013. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

COLPO, I. **Comportamento dos custos da construção civil na Universidade Federal de Santa Maria**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 94. 2016.

DELESDERRIER, A. B. **Estudo de falhas em obras de edificações oriundas de compatibilidade entre projetos**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2015.

EASTMAN, C. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

FEDERAL, C. E. **SINAPI ( Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices.** [S.l.]. 2021.

FEREGUETTI, L. Blog da arquitetura. **Blog da arquitetura**, 2018. Disponível em: <<https://blogdaarquitetura.com/saiba-o-que-e-o-archicad/>>. Acesso em: 03 novembro 2021.

GARIBALDI, B. C. B. Sienge. **Sienge**, 2020. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>>. Acesso em: 20 Novembro 2020.

GOES, R. H. D. T. E. B. D. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM.** Dissertação de mestrado (Programa de Mestrado em Habitação) - Instituto de pesquisas tecnologicas do estado de São Paulo. São Paulo, p. 143. 2011.

KIMURA, A. E. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado.** 2ª. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

LEONE, G. S. G. **Curso de Contabilidade de Custos.** [S.l.]: Atlas, 1998.

LIMA, D. L. **Projeto de instalações elétricas prediais.** 12º. ed. São Paulo: Érica, 2011.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 79. 2014.

MELO, V. D. O.; NETTO, J. M. D. A. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias.** 9º. ed. São Paulo: Blucher, 1988.

MIKALDO, J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI.** Dissertação de mestrado (Programa de pós-

graduação em Construção Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba, p. 150. 2006.

MONTEIRO, A. C. N. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA. **Revista Campo do Saber – ISSN 2447 - 5 017**, Janeiro 2017. 53-77.

NOBREGA, C. L.; MELHADO, S. B. **Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia**. USP. São Paulo, p. 23. 2013. (ISSN 0103-9830).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia de conhecimento em Gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 6<sup>a</sup>. ed. Newton Square: Project manegement Institute, 2018.

RODRIGUES, P. Estruturas e BIM. **Estruturas e BIM**, 2018. Disponível em: <<https://estruturasebim.com/2020/11/09/o-que-e-eberick/>>. Acesso em: 03 Novembro 2021.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A construbilidade no processo de projeto de edificações**. Artigo - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis, p. 6. 2003.

SC, S. Panorama do setor de Construção Civil. **Atendimento Sebrae**, 19 mar. 2019. Disponível em: <<https://atendimento.sebrae-sc.com.br/inteligencia/infografico/panorama-do-setor-de-construcao-civil>>. Acesso em: 29 Julho 2020.

SENA, T. S. D. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 81. 2012.

SILVA, M. V. M. F. P. D. **As atividades de coordenação e a gestão do conhecimento nos projetos de edificações**. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 202. 2004.

TAVARES, W. J. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.** Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Florianópolis. 2001.

TEIXEIRA, J. D. **Compatibilização de projetos através da modelagem 3D com uso de software em plataforma BIM.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 103. 2016.

TQS.                    **TQS**                    **DOCS.**                    Disponível                    em:  
<<http://docs.tqs.com.br/Docs/Details?id=3124&language=pt-BR>>. Acesso em: 03  
Novembro 2021.

