

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

SILVANA GERKE

**USO DO BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS
HIDROSSANITÁRIOS PARA MINIMIZAR O SURGIMENTO
DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES**

VITÓRIA

2023

SILVANA GERKE

**USO DO BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS
HIDROSSANITÁRIOS PARA MINIMIZAR O SURGIMENTO
DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Campus de Goiabeiras, da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Geilma Lima Vieira

VITÓRIA

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de estar me formando, além de ter me guiado e me dado forças durante a graduação. Agradeço aos meus pais, que sempre apoiaram as minhas decisões e me incentivaram em todos esses anos.

À Professora Doutora Geilma Lima Vieira, pela paciência, ajuda e orientação deste trabalho. E por ter me acolhido para a realização dele.

Agradeço ao departamento e aos professores do curso de Engenharia Civil–UFES pela disposição em ensinar e dedicação aos alunos. Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma com essa jornada e acreditaram que este momento chegaria.

RESUMO

A construção civil no Brasil apesar de estar em constante evolução, ainda trabalha muito com a abordagem CAD – *Computer-Aided Design* ou Desenho Assistido por Computador – para elaborar projetos, portanto ainda está sujeita a falhas e inconsistências, pelo fato de não possuir melhores ferramentas para a compatibilização de projetos. Tendo em vista o impacto que os erros na etapa de projeto podem ter em um empreendimento, este trabalho visa apresentar o BIM – *Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação na Construção – e quais benefícios essa plataforma traz para todas as etapas de um edifício. Neste cenário, o objetivo é apresentar na prática como funciona a utilização das ferramentas e processos que envolvem essa tecnologia. Esta análise será baseada na análise do modelo tridimensional do projeto hidrossanitário de uma edificação já realizado anteriormente através do *software* Qi Builder e compatibilizando-o com os projetos arquitetônico e estrutural. Esse estudo busca embasamento na literatura para fundamentação teórica e contextualizar as informações. Através disso, foi possível concluir que a realização da compatibilização consegue identificar diversas inconsistências ainda na fase de projetos, evitando atrasos no cronograma e prejuízos financeiros.

Palavras-chave: Projeto Hidrossanitário; Compatibilização de Projetos; BIM.

ABSTRACT

Civil construction in Brazil, despite being in constant evolution, still works a lot with the CAD approach - Computer-Aided Design or Computer-Aided Design - to elaborate projects, therefore it is still subject to failures and inconsistencies, due to the fact that it does not have better tools. for project compatibility. Considering the impact that errors in the design stage can have on a project, this work aims to present BIM – Building Information Modeling or Construction Information Modeling – and what benefits this platform brings to all stages of a building. In this scenario, the objective is to present in practice how the use of tools and processes involving this technology works. This analysis will be based on the analysis of the three-dimensional model of the hydrosanitary project of a building already carried out previously through the Qi Builder software and making it compatible with the architectural and structural projects. This study seeks a basis in the literature for theoretical foundation and contextualize the information. Through this, it was possible to conclude that the realization of the compatibility can identify several inconsistencies still in the project phase, avoiding delays in the schedule and financial losses.

Keywords: Hydrosanitary Project; Compatibility of Projects; BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Subsistemas prediais.	2
Figura 2– Incompatibilidade nos sistemas construtivos.	3
Figura 3– Incompatibilidade nos sistemas construtivos.	4
Figura 4 – Gráfico da origem percentual de falhas em edificações.....	4
Figura 5 – Projetos sendo feitos em pranchetas.	6
Figura 6 – Capacidade de influência do projeto no custo de um empreendimento de acordo com as suas etapas.....	11
Figura 7 – Incompatibilidade entre sistema hidrossanitário e estrutural.....	18
Figura 8 – Ciclo de vida da edificação.....	21
Figura 9 – Representação de interoperabilidade do BIM.	24
Figura 10 – Software QiBuider.	27
Figura 11 – Planta arquitetônica do pavimento tipo.	32
Figura 12 – Planta arquitetônica do pavimento lazer.	33
Figura 13 – Planta baixa do pavimento subsolo.....	35
Figura 14 – Planta baixa do pavimento térreo.....	36
Figura 15 – Planta baixa do pavimento mezanino.....	37
Figura 16 – Planta baixa do pavimento garagem.	38
Figura 17 – Planta baixa do pavimento lazer.	39
Figura 18 – Planta baixa do pavimento 1º tipo.	40
Figura 19 – Planta baixa do pavimento tipo (10x).	41
Figura 20 – Planta baixa do pavimento 1º duplex.	42
Figura 21 – Planta baixa do pavimento 2º duplex.	43

Figura 22 – Planta baixa do pavimento caixa d'água.	44
Figura 23 – Planta baixa do pavimento cobertura caixa d'água.	45
Figura 24 – Planta baixa do Projeto Estrutural da fundação.	47
Figura 25 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento térreo.	48
Figura 26 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento mezanino.	49
Figura 27 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento garagem.	50
Figura 28 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento lazer.	51
Figura 29 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 1º tipo.	52
Figura 30 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento tipo.	53
Figura 31 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 1º duplex.	54
Figura 32 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 2º duplex.	55
Figura 33 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento caixa d'água.	56
Figura 34 – Projeto hidrossanitário pavimento subsolo- água fria.	58
Figura 35 – Projeto hidrossanitário pavimento subsolo- água pluvial.	59
Figura 36 – Projeto hidrossanitário pavimento térreo- água fria.	60
Figura 37 – Projeto hidrossanitário pavimento térreo- esgoto e água pluvial.	61
Figura 38 – Projeto hidrossanitário pavimento mezanino- água fria.	62
Figura 39 – Projeto hidrossanitário pavimento mezanino- esgoto e água pluvial.	63
Figura 40 – Projeto hidrossanitário pavimento garagem- água fria.	64
Figura 41 – Projeto hidrossanitário pavimento garagem- esgoto e água pluvial.	65
Figura 42 – Projeto hidrossanitário pavimento lazer- água fria.	66
Figura 43 – Projeto hidrossanitário pavimento lazer- esgoto e água pluvial.	67
Figura 44 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º tipo- água fria e água quente.	68
Figura 45 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º tipo- esgoto e água pluvial.	69

Figura 46 – Projeto hidrossanitário pavimento tipo- água fria e água quente.	70
Figura 47 – Projeto hidrossanitário pavimento tipo- esgoto e água pluvial.	71
Figura 48 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º duplex- água fria e água quente. .	72
Figura 49 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º duplex- esgoto e água pluvial.	73
Figura 50 – Projeto hidrossanitário pavimento 2º duplex- água fria e água quente. .	74
Figura 51 – Projeto hidrossanitário pavimento 2º duplex- esgoto e água pluvial.	75
Figura 52 – Projeto hidrossanitário pavimento barrilete- água fria e esgoto.	76
Figura 53 – Projeto hidrossanitário pavimento caixa d'água- água fria e esgoto.	77
Figura 54 – Modelo tridimensional vista frontal.	79
Figura 55 – Modelo tridimensional vista lateral esquerda.	80
Figura 56 – Modelo tridimensional vista posterior.	81
Figura 57 – Modelo tridimensional vista lateral direita.....	82
Figura 58 – Modelo estrutural embutido no arquitetônico.	83
Figura 59 – Modelo tridimensional do banheiro.....	85
Figura 60 – Modelo tridimensional da cozinha.	86
Figura 61 – Modelo tridimensional da área de serviço.	87
Figura 62 – Modelo tridimensional do banheiro da suíte.....	88
Figura 63 – Modelo tridimensional de água fria, água quente e recalque de um apartamento tipo.	89
Figura 64 – Modelo tridimensional o esgoto e água pluvial do apartamento tipo.	89
Figura 65 – Modelo tridimensional hidrossanitário do apartamento tipo.	90
Figura 66 – Modelo tridimensional de água fria, água quente e recalque.	91
Figura 67– Modelo tridimensional de esgoto sanitário e água pluvial.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Informações sobre a edificação.	31
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Metodologia do trabalho.....	29
Quadro 2– Incompatibilidade água fria x arquitetura.....	95
Quadro 3- Incompatibilidade esgoto x estrutural.	96
Quadro 4- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	97
Quadro 5- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	98
Quadro 6- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	99
Quadro 7- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	100
Quadro 8- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	101
Quadro 9- Incompatibilidade água fria x estrutural.....	102
Quadro 10- Incompatibilidade água fria x arquitetura.....	103
Quadro 11- Incompatibilidade água fria x esgoto.	104
Quadro 12- Inconsistência água.....	105
Quadro 13- Inconsistência pé direito.....	106
Quadro 14- Compatibilização 2Dx3D.	108
Quadro 15- Compatibilização 2Dx3D.	109

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer-aided design*

IFC- *Industry Foundation Classes*

NBR – Norma Brasileira

3D – Três dimensões

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.2 Objetivos	7
1.2.1 Objetivo geral.....	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Definição de projeto	9
2.2 Projeto hidrossanitário	11
2.2.1 Instalação Predial De Água Fria	14
2.2.2 Instalação Predial De Água Quente.....	14
2.2.3 Instalação Predial De Esgoto Sanitário.....	15
2.2.4 Instalação Predial Água Pluvial	15
2.3 Importância do projeto hidrossanitário	16
2.4 Compatibilização de projetos	18
2.5 Metodologia BIM	20
2.6 Interoperabilidade e o IFC.....	22
2.7 Benefícios do BIM.....	24
2.8 Principais softwares BIM.....	26
3 METODOLOGIA.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Descrição do empreendimento	30
4.2 Projeto arquitetônico	34
4.3 Projeto estrutural.....	46
4.4 Projeto hidrossanitário	57

4.5 Modelo tridimensional	78
4.6 Compatibilização e interferências encontradas.....	93
4.7 Considerações finais sobre o estudo de caso.....	110
5 CONCLUSÃO.....	111
6 REFERÊNCIAS.....	113

1 INTRODUÇÃO

O edifício, além de funcionar como uma proteção e abrigo ao homem contra a ação do meio ambiente, deve possibilitar o pleno desenvolvimento das atividades humanas no seu interior. Para isto, além de conter as vedações que delimitam os espaços, deve ser provido de uma série de serviços que atendam plenamente as funções para as quais foi projetado. Pode-se considerar que uma edificação é a reunião de vários subsistemas construtivos necessariamente relacionados, coordenados e integrados. Os principais são: sistema estrutural (fundação e superestrutura); sistema de fechamento externos (coberturas e vedações externas); sistemas de subdivisões internas (vedações internas); sistemas mecânicos (hidrossanitário, elétrico, telefone, entre outros) e sistemas especiais (proteção contra incêndio). Geralmente, esses sistemas são conhecidos como projetos complementares.

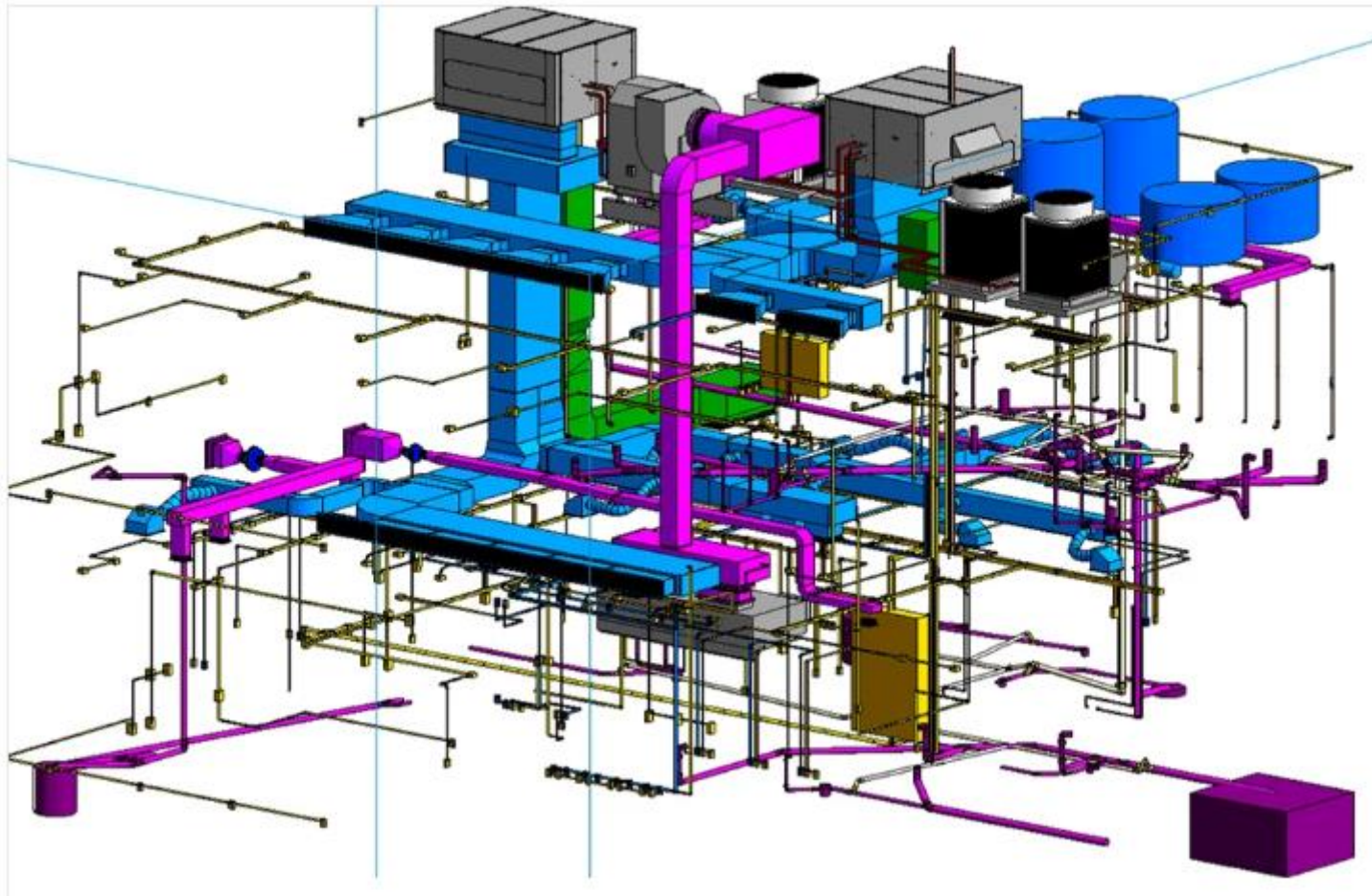
Logo, o sistema é visto como um todo, formado de partes interligadas entre si, uma dependendo da outra para cumprir sua função, portanto, cada uma pode influir e até determinar o funcionamento do conjunto.

Na construção de um edifício, as instalações hidrossanitárias apresentam uma grande importância, pois além de representar uma parte significativa dos custos, ela está diretamente relacionada com o bem-estar e conforto do usuário.

Apesar disso, é comum encontrar na prática profissional situações nas quais o projeto e a execução deste subsistema é relegado a um segundo plano. Isto leva ao surgimento de inúmeros problemas, tanto de mau funcionamento, como de interferência com os demais subsistemas do edifício.

Na figura 1 é possível observar a integração de alguns subsistemas presentes em uma edificação.

Figura 1 – Subsistemas prediais.



FONTE: Kemp, 2020.

Carvalho Junior (2019), muitas manifestações patológicas que ocorre em edifícios são decorrentes de problemas originados na fase de projeto de instalações hidrossanitárias e da pouca importância relacionada a interação dele com os demais projetos de engenharia.

A ocorrência de manifestações patológicas hidrossanitárias em edificações geralmente é percebida somente na etapa final, ou com a obra já finalizada, pelo fato de que normalmente a rede hidráulica é embutida ou enterrada dificultando, portanto, a localização exata do problema, tornando, assim, complexa a realização do reparo sendo necessário a quebra de paredes, pisos ou forros, o que causa muito transtorno.

Ademais, a ocorrência de manifestações patológicas nas edificações implica custos adicionais, ações jurídicas, perda de credibilidade da empresa responsável pela construção, insatisfação dos clientes, entre outros motivos. Nas figuras 2 e 3 é possível observar as consequências quando os projetos não são integrados na fase de concepção, os erros foram identificados somente após a execução, gerando os transtornos citados acima.

Figura 2– Incompatibilidade nos sistemas construtivos.



Fonte: Neoipsum, 2020.

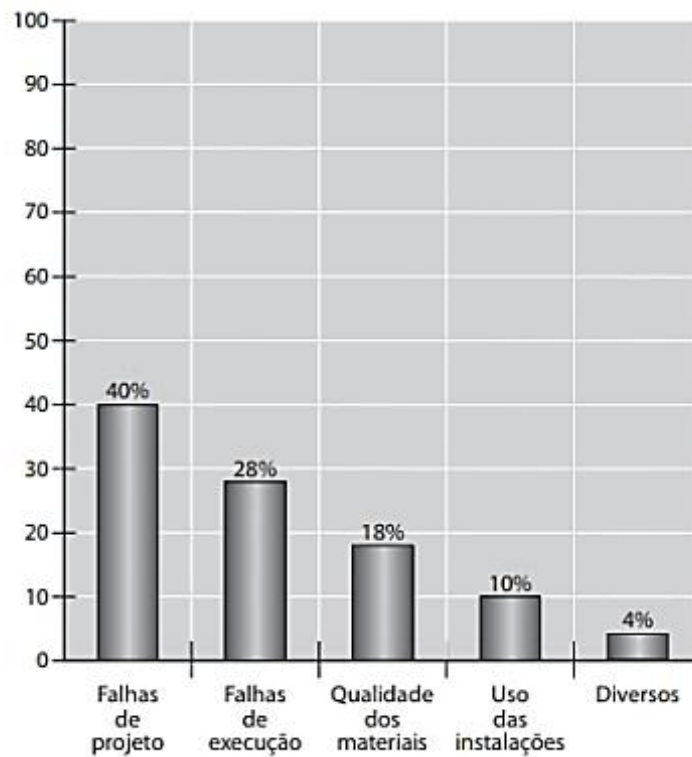
Figura 3– Incompatibilidade nos sistemas construtivos.



Fonte: Neoipsum, 2020.

De acordo com Carvalho Junior (2019), as principais causas de manifestações patológicas estão apresentadas na figura 4:

Figura 4 – Gráfico da origem percentual de falhas em edificações.



Fonte: Carvalho Junior, 2019.

Um dos principais motivos para tantas falhas na fase de projeto é que, com o aumento das especialidades, os profissionais passaram a trabalhar cada um em uma disciplina específica, originando a terceirização dentro desse processo. Com isso, segmentou-se as etapas do desenvolvimento dos projetos e prejudicou, ao longo do tempo, a comunicação e a integração das equipes que tinha como objetivo proporcionar soluções racionais e funcionais.

É neste contexto que a realização da compatibilização de projetos das edificações pode agregar valor à execução e realização de uma obra, onde é possível fornecer informações detalhadas sobre cada particularidade da construção e que determina a integração dos diversos projetos referentes a mesma edificação, sendo eles os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, telefone, entre outros. Estas análises feitas ainda na fase de projeto proporcionam maior flexibilidade ao projetista, possibilitando mudanças com pequeno impacto no custo global da edificação. Com o maior detalhamento e quantidade de informações precisas no projeto, reduz ou eliminam-se as alterações de projeto durante a execução, diminuindo a possibilidade de manifestações patológicas pelas alterações não previstas (FERREIRA; SANTOS, 2007).

Com o surgimento da tecnologia computacional, foi possível substituir a prancheta pelos desenhos auxiliados por computador (ver Figura 5). A tecnologia CAD (*Computer Aided Design*) revolucionou a produção de projetos em engenharia, facilitando alterações em projeto e proporcionando maior precisão e produtividade ao projetista, conseguidas com a utilização de desenhos automáticos (blocos), utilização de camadas ocultáveis, alteração de escala sem redesenho, utilização de um mesmo arquivo de desenho para diversas finalidades, evitando cópias, facilidade no envio e compartilhamento de arquivos pela internet, entre outras vantagens. Contudo, como grande parte dos projetistas não tinha acesso aos computadores, tiveram resistência em utilizar a nova tecnologia, assim, esta mudança foi lenta e gradual (AMARAL; PINA FILHO, 2010).

Figura 5 – Projetos sendo feitos em pranchetas.



Fonte: Engenharia 360, 2020.

O processo mais comum atualmente para se compatibilizar um projeto é por meio da sobreposição das diferentes plantas no Autocad e verificar a olho nu se existe alguma interferência. Porém, além de desgastante, esse processo pode ignorar alguns erros que só aparecem em vistas tridimensionais.

A partir disso, a indústria da construção civil reconheceu os benefícios da parametrização dos elementos do projeto, surgindo assim a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling*, BIM). Trata-se de uma metodologia que integra arquitetos, engenheiros e construtores ao gerenciamento digital do projeto e seus dados ao longo da construção, permitindo a visualização do empreendimento em um mundo virtual antes da sua execução, utilizando elementos inteligentes, onde cada material inserido no modelo possui um análogo no mundo real (CROTTY, 2012).

Contudo, como o método de execução e os materiais pouco mudaram ao longo do tempo, alto nível de detalhamento ainda não era necessário, uma vez que não existia tecnologia suficiente para execução tão refinada. A partir do aumento da necessidade de obras com maior qualidade, precisão e com a maior disponibilidade de tecnologia, se fizeram necessários projetos com maior grau de detalhamento (ALMEIDA, 2006).

No Brasil, a difusão do BIM ainda é pequena, isso se deve porque essa mudança depende da tecnologia, recursos, e, fundamentalmente, de pessoas capacitadas para exercer tal procedimento. Existem muitos receios na adoção, pois é uma mudança muito profunda. Mas, essa transição pode ocorrer de forma planejada, adquirindo níveis de maturidade em cada etapa, para que assim, se possa usufruir plenamente dos benefícios causados por essa nova implantação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Pretende-se demonstrar os benefícios do BIM (Building Information Modeling) para realizar a compatibilização do projeto hidrossanitário com o objetivo de minimizar os conflitos existentes com as demais disciplinas presentes em um projeto, dando ênfase nos projetos arquitetônico e estrutural.

1.2.2 Objetivos específicos

- Compreender o conceito e aplicação da modelagem da informação da construção (BIM) para concepção e compatibilização de projetos;
- Fazer uma análise interdisciplinar do projeto hidrossanitário com os projetos arquitetônico e estrutural de estudo, com intuito de identificar as inconsistências e incompatibilidades;

- Verificar os resultados e avaliar a viabilidade em se substituir a forma tradicional de projeto e gerenciamento pelo BIM e se esse método realmente é vantajoso para o processo de compatibilização de projetos e consequente minimização de interferências entre as várias disciplinas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição de projeto

Projeto pode ser definido como um conjunto de atividades não rotineiras (único), com início e fim bem definidos, destinadas a materializar um objetivo (CARDOSO, 2011). O projeto é a fase de planejar, representar e simular o produto final que se deseja obter, ele serve como principal guia para a execução.

A representação gráfica é a mediação entre os pensamentos de um projetista com o executor e com todos os envolvidos no empreendimento. Sendo assim é importante que nessa fase o projetista tenha em mente que aquela representação será interpretada e executada por uma ou mais equipes (AUSTER, 2015).

Sua importância é significativa para a execução de obra, desde a implantação da edificação no terreno, ao aproveitamento do espaço, atendimento às legislações pertinentes e as definições de materiais. São os projetos que permitem prever problemas e antecipar soluções nas obras, assim, torna-se indispensável a sua prática, pois as construções tem se tornado cada vez mais complexas e exigindo níveis elevados de qualidade e segurança. Além disso, o projeto é direto ou indiretamente ligado a manifestações patológicas da construção civil e no Brasil isto se acentua, tendo em vista que a etapa de projetos é constantemente tratada com descaso. Grandes melhorias podem ser obtidas na qualidade da construção apenas como reflexo da qualidade dos projetistas, pois é na fase de projeto que as decisões que terão maior impacto nos custos, velocidade e qualidade do empreendimento (IUS NATURA,2020).

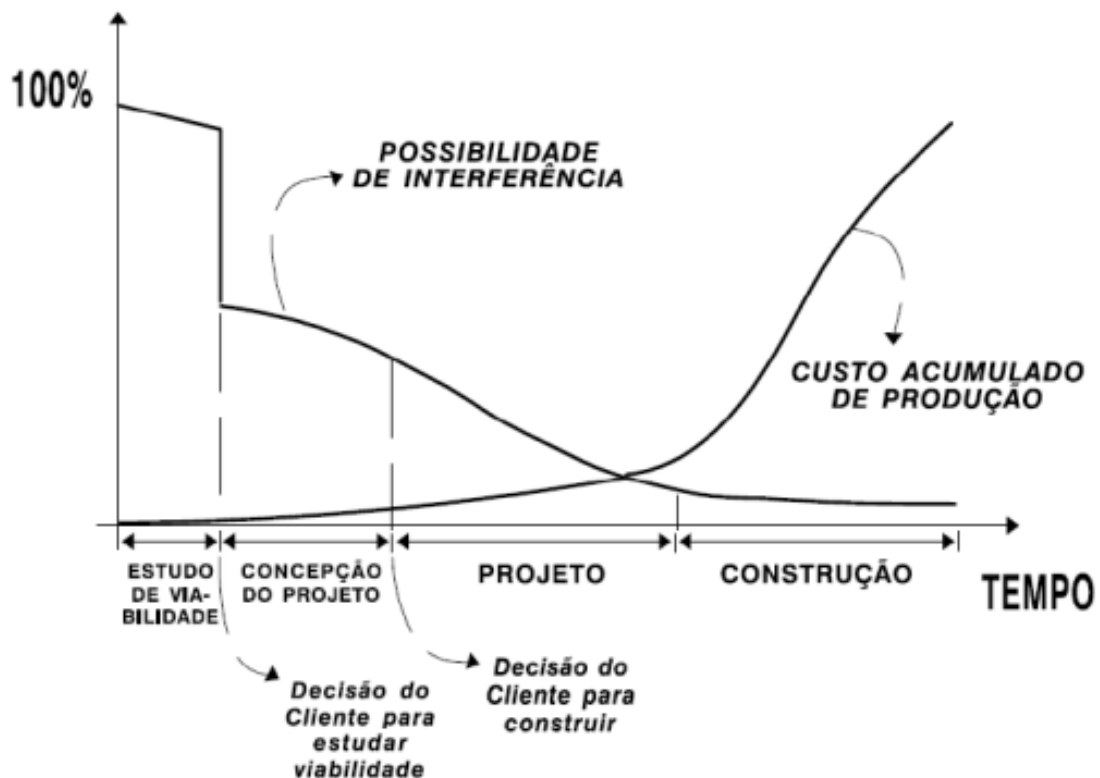
Para Helene (1992), as falhas de um estudo preliminar, ou a pré-projeção equivocada, representam um maior custo no decorrer da construção, ou insatisfação na utilização da mesma. Por sua vez, os erros que surgem na execução final do projeto, são os responsáveis por uma série de manifestações patológicas, e essas provêm de diferentes pontos como:

- Tópicos incoerentes do projeto (má estruturação);
- Inexistência e/ou detalhes construtivos incorretos;
- Especificações de materiais inadequados;
- Falta de padronização das simbologias e erros de dimensionamento;
- Falta de compatibilização entre as disciplinas, essencialmente a estrutural e arquitetônica e também a correlação com os demais projetos complementares.

O nível de detalhamento, preocupação e esforço dedicados na concepção de um projeto estará diretamente correlacionado à qualidade do produto final entregue ao cliente. Para muitas empresas, a elaboração de projetos é vista como um custo elevado, entretanto, é nessa fase que é possível prever e evitar problemas futuros na obra. Sendo assim, pode-se evitar retrabalhos, soluções com qualidade inferior e transtornos, tanto para a construtora quanto para os clientes (SOUZA, 2010).

Na figura 6 pode-se notar a importância da elaboração de projetos nas fases iniciais de um empreendimento, diante da qualidade final. É demonstrado como as decisões situadas na primeira fase do projeto estão diretamente relacionadas à qualidade e eficácia do produto final, são geralmente mais lucrativas do que decisões tomadas na fase de execução.

Figura 6 – Capacidade de influência do projeto no custo de um empreendimento de acordo com as suas etapas.



Fonte: HAMMARLUND & JOSEPHSON, 1992 apud Melhado,1994.

Logo, é importante que se invista grande parte de tempo na fase de concepção de projetos para garantir que os mesmos não gerem possíveis problemas futuros e tenham impacto negativo sobre o custo e qualidade da obra.

2.2 Projeto hidrossanitário

Dentre as diversas partes de uma edificação, existem vários componentes que estão diretamente relacionados às atividades desenvolvidas pelos usuários. Toda habitação, por mais simples que seja, deve possuir um sistema hidrossanitário que garanta níveis aceitáveis de higiene, segurança, funcionalidade, manutenção, economia e conforto dos usuários (LIMA, 2016).

Alguns dos critérios de desempenho abordados pela NBR 15575-6 (ABNT, 2021) são:

- Resistência mecânica dos sistemas hidrossanitários e das instalações - resistir às solicitações mecânicas durante o uso;
- Solicitações dinâmicas dos sistemas hidrossanitários- não provocar golpes e vibrações que impliquem risco à sua estabilidade estrutural;
- Permitir a utilização segura aos usuários- as peças de utilização e demais componentes do sistema hidrossanitário que são manipulados pelos usuários não devem possuir cantos vivos ou superfícies ásperas;
- Temperatura de utilização da água- quando houver sistema de água quente, o sistema deve prever formas de prover ao usuário que a temperatura da água na saída do ponto de utilização seja limitada;
- Estanqueidade das instalações do sistema hidrossanitário de água fria e água quente- apresentar estanqueidade quando sujeitos às pressões previstas no projeto;
- Vida útil de projeto das instalações hidrossanitárias- manter a capacidade funcional durante vida útil de projeto conforme períodos especificados na NBR 15575-6 (ABNT, 2021) desde que o sistema hidrossanitário seja submetido às intervenções periódicas de manutenção e conservação;
- Manutenibilidade das instalações hidráulicas, de esgotos e de águas pluviais- permitir inspeções, quando especificadas em projeto;
- Contaminação da água a partir dos componentes das instalações - evitar a introdução de substâncias tóxicas ou impurezas;
- Contaminação biológica da água na instalação de água potável- não utilizar material ou componente que permita o desenvolvimento de bactérias ou outras atividades biológicas, as quais provocam doenças;

- Contaminação da água potável do sistema predial- não ser passível de contaminação por qualquer fonte de poluição ou agentes externos;
- Contaminação por refluxo de água- não permitir o refluxo ou retrossifonagem;
- Ausência de odores provenientes da instalação de esgoto- não permitir o retorno de gases aos ambientes sanitários;
- Contaminação do ar ambiente pelos equipamentos- não deve haver possibilidade de contaminação por geração de gás;
- Funcionamento das instalações de água- satisfazer às necessidades de abastecimento de água fria e quente. O sistema predial de água fria e quente deve fornecer água na pressão, vazão e volume compatíveis com o uso, associado a cada ponto de utilização, considerando a possibilidade de uso simultâneo;
- Funcionamento das instalações de esgoto- coletar e afastar, até a rede pública ou sistema de tratamento e disposição privados, os efluentes gerados pela edificação habitacional;
- Funcionamento das instalações de águas pluviais- coletar e conduzir água de chuva;
- Conforto na operação dos sistemas prediais - prover manobras confortáveis e seguras aos usuários;
- Uso racional da água- reduzir a demanda da água da rede pública de abastecimento e o volume de esgoto conduzido para tratamento sem aumento da probabilidade de ocorrência de doenças ou da redução da satisfação do usuário;
- Contaminação do solo e do lençol freático- não contaminar os aquíferos subterrâneos;

- Desempenho acústico- evitar ruídos gerados por equipamentos prediais.

2.2.1 Instalação Predial De Água Fria

De acordo com Carvalho Junior (2019), a instalação predial de água fria é formada por um conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento de aparelhos e pontos de utilização de água, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

Esse sistema deve ser separado fisicamente de qualquer outro sistema que conduza água não-potável, como por exemplo sistema de reuso ou de qualidade insatisfatória.

A NBR 5626 (ABNT, 2020) fixa as exigências e recomendações relativas a projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria e água quente.

2.2.2 Instalação Predial De Água Quente

O sistema predial de suprimento de água quente é definido como sendo um conjunto de equipamentos e acessórios destinados à produção e condução de água quente aos pontos de consumo em uma unidade habitacional (PALIARI, 2008).

O sistema de água quente é formado pelos seguintes componentes: tubulação de água fria para alimentação do sistema de água quente; aquecedores, que podem ser de passagem ou de acumulação; dispositivos de segurança; tubulação de distribuição de água quente que deve possuir um material mais resistente; peças de utilização (chuveiro, ducha, pias, lavatório, tanque, entre outros).

A NBR 5626 (ABNT, 2020) fixa as exigências técnicas mínimas quanto à higiene, à segurança, à economia e ao conforto dos usuários, pelas quais devem ser projetadas e executadas as instalações prediais de água quente. As

instalações prediais de água quente para uso humano possuem temperatura que variam entre 35°C a 70°C.

2.2.3 Instalação Predial De Esgoto Sanitário

A NBR 8160 (ABNT, 1999) relaciona aspectos exigências e recomendações relativas ao projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, para atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança e conforto dos usuários, tendo em vista a qualidade destes sistemas.

Essa norma define o sistema predial de esgoto sanitário como conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar, conduzir e afastar das edificações todos os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários, dando-lhes um rumo apropriado, normalmente indicado pelo poder público competente.

O destino final dos esgotos sanitários pode ser a rede pública coletora de esgotos ou um sistema particular de recebimento e tratamento em regiões que não dispõem de sistema de coleta e transporte de esgoto.

No Brasil o sistema predial de esgoto sanitário deve ser separado de forma total do sistema predial de águas pluviais, ou seja, não deve existir nenhuma ligação entre os dois sistemas (CARVALHO JUNIOR, 2019).

2.2.4 Instalação Predial Água Pluvial

Segundo Carvalho Junior (2019), o sistema de águas pluviais é aquele que capta águas que se originam a partir das chuvas e permitem o escoamento das mesmas, evitando alagamentos, erosão do solo e proteger a edificação da umidade excessiva, garantindo maior vida útil da construção.

O sistema de águas pluviais e drenagem é constituído pelo conjunto de calhas, condutores, grelhas, caixas de areia e de passagem e demais dispositivos responsáveis por captar águas da chuva e de lavagem de pisos e conduzir a um destino adequado.

Esse sistema também pode servir para coleta e armazenamento da água da chuva para mais tarde ser aproveitada para atividades que não necessitem de água potável, como lavagem de pisos, carros e irrigação de jardins.

Assim como nos outros sistemas, a instalação predial de águas pluviais também possui a sua respectiva norma a NBR 10844 (ABNT, 1989) que fixa exigências e critérios, necessários aos projetos dessas instalações, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

2.3 Importância do projeto hidrossanitário

Em todo imóvel, além de um projeto arquitetônico, outros projetos complementares são essenciais. Na vasta quantidade de projetos, que variam de elétrico até estrutural, entra um de suma importância: o projeto hidrossanitário.

O projeto hidrossanitário deve ser elaborado e apresentado para iniciar construções. Este deve ser feito seguindo as normas da ABNT, da legislação ambiental, das regulamentações da companhia de saneamento local, do plano diretor da cidade e demais legislações pertinentes.

Além de ser obrigatório por lei e exigido pela vigilância sanitária, o projeto evita erros na construção e reforma de uma edificação, representando economia de tempo e dinheiro. Em casos de reformas, um projeto hidrossanitário é essencial, pois permite localizar por onde passam as tubulações, o registro e a caixa d'água correspondente a cada sistema ou torneira.

De acordo com Muller (2021) as principais causas de manifestações patológicas nas edificações devem-se as falhas na elaboração de projetos e erros na execução desses. Assim, percebe-se a importância de ter um projeto feito por um especialista, algo tão pregado ultimamente. Algumas dessas manifestações patológicas são:

- Uso ineficaz de aparelhos sanitários, devido a pressão e vazão de água insuficiente, muitas vezes os aparelhos sanitários: chuveiros, pias, vasos sanitários, entre outros não funcionam corretamente ou funcionam abaixo da sua capacidade, isso acontece principalmente por um dimensionamento inadequado;
- Oscilações de temperaturas, que pode ser provocado por falhas no sistema hidráulico, assim ocorrendo a invasão da água fria nas tubulações de água quente ou saindo água com uma temperatura muito elevada em determinados pontos;
- Mau cheiro e refluxos, provocado pela falta da rede de ventilação ou sua incorreta instalação;
- Ruídos, provenientes das tubulações instaladas de forma incorreta ou com material inadequado;
- Obstruções em tubulações de esgoto;
- Vazamentos em tubulações, causado por má instalação, utilização de produtos e peças de baixa qualidade ou emprego de mão de obra desqualificada, assim podendo provocar infiltrações, que por sua vez gera mofo, danos na pintura e acabamento de paredes e descolamento de pastilha e azulejos.

Ademais, é essencial uma perfeita compatibilização entre o projeto hidrossanitário e os demais projetos da edificação, tais como arquitetônico e estrutural. Evitando, por exemplo, o que acontece na figura 7, que uma tubulação passe no interior de uma viga, o que dificultaria manutenções futuras, além de poder comprometer a estrutura do edifício.

Figura 7 – Incompatibilidade entre sistema hidrossanitário e estrutural.



Fonte: Mais Engenharia, 2019.

Logo, fica evidente a importância desse projeto para a construção de uma edificação e para o resultado final do produto como um todo.

2.4 Compatibilização de projetos

Outro fator preponderante para a qualidade do produto final é a compatibilização dos projetos. A compatibilização de projetos é uma atividade de gerenciamento onde as especialidades são integradas, tendo como principal premissa a análise de possíveis interferências de forma sistêmica, identificando e propondo correções ou ajustes necessários para que melhor se equalizem as

disciplinas envolvidas. Este processo simplifica a execução e antecipa eventuais problemas e conflitos durante uma obra (AUSTER, 2015).

É muito importante que a compatibilização seja realizada imprescindivelmente antes de se iniciar a construção, evitando o uso de soluções emergenciais que por certo terão impacto negativo sobre outros elementos do empreendimento.

Apesar de todos os benefícios dessa prática e do grande avanço tecnológico na construção civil nos últimos anos ainda é comum, principalmente em empresas de pequeno porte a prática da execução de um projeto sem que haja uma compatibilização das disciplinas do mesmo, podendo trazer inúmeros fatores negativos que vão desde o retrabalho até a má qualidade da edificação (AUSTER, 2015).

Como já visto, muitas das falhas nos sistemas hidrossanitários prediais têm origem na etapa de projetos, em particular na compatibilização com outras disciplinas. Muitas empresas optam pela elaboração do projeto de forma rápida e superficial visando dar início às obras o quanto antes possível, levando os profissionais a tomarem decisões imediatas no canteiro de obras, de forma impensada e emergencial, podendo com isso, ocasionar grandes falhas no processo.

Logo, evidencia-se assim que dedicar mais tempo e atenção ao projeto pode trazer inúmeros ganhos para a obra, pois assim pode-se adotar soluções que levem em consideração todo o ambiente e possíveis reflexos, o que evita atrasos e principalmente retrabalho, além disto, pode impactar positivamente na qualidade e custo do empreendimento.

O uso de novas ferramentas da tecnologia para conceber projetos terá influência direta na qualidade e precisão destes, o que fará com que o produto final seja executado com maior facilidade e fluidez.

2.5 Metodologia BIM

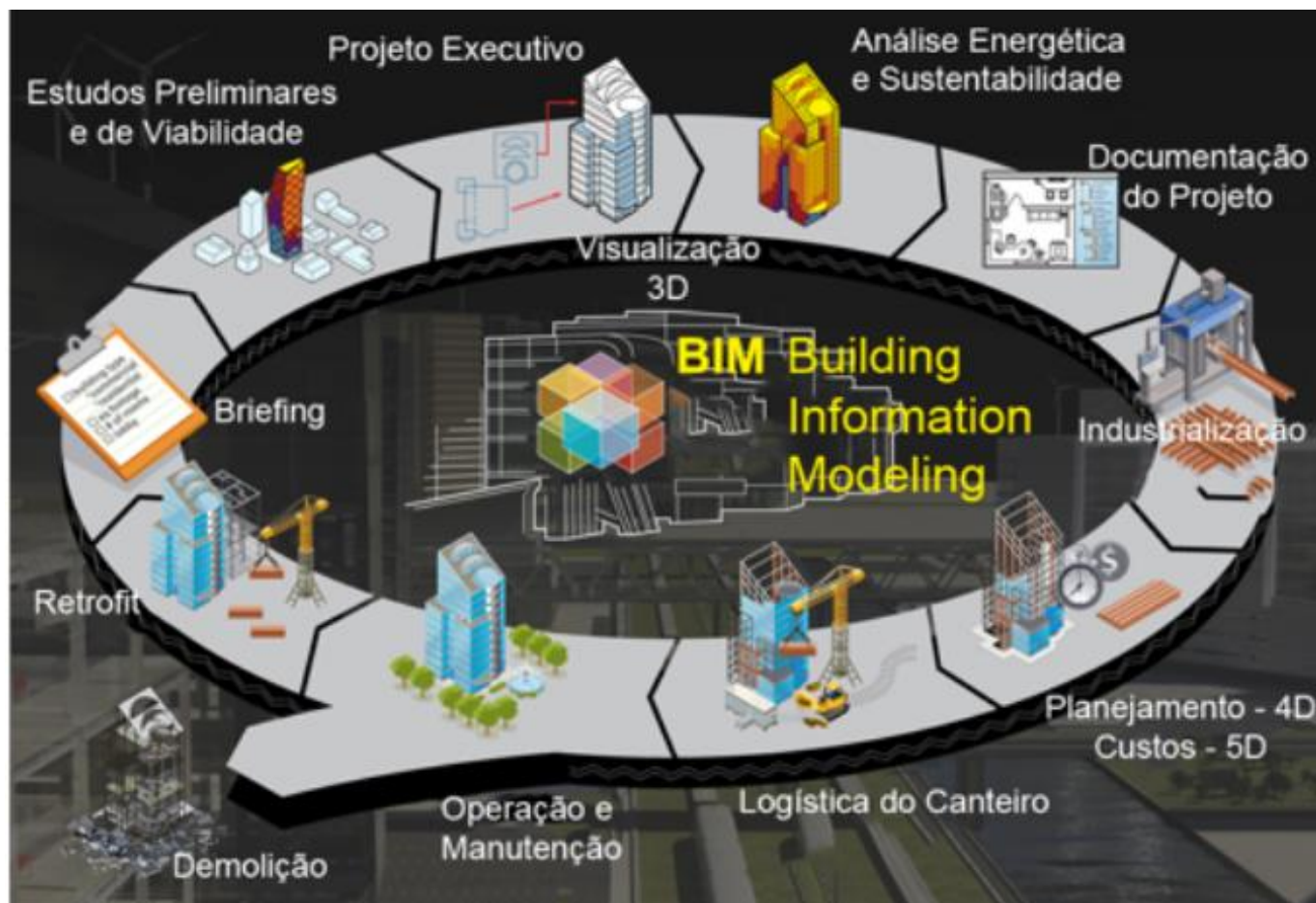
O termo Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, não é suficientemente capaz de traduzir o real significado que está por trás da sigla BIM. Para Penttilä (2006) BIM “[...] é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto e dados da construção ou empreendimento no formato digital em todo ciclo de vida do edifício [...]”. Para Eastman et al. (2014), o BIM é definido como um modelo virtual preciso de uma edificação, construído através de uma plataforma digital. O modelo, como é comumente chamado, contém a geometria exata e os principais dados necessários para dar suporte a todas as etapas de um projeto, desde a elaboração, construção e, por fim, a utilização da edificação.

Já Jernigan (2008), afirma que os sistemas BIM trabalham com um modelo único, que é paramétrico. Nele o processo de projeto não é mais sequencial, não existem etapas separadas, todas as elaborações e modificações das disciplinas estão interligadas, de maneira a promover a facilidade e agilidade nas fases da edificação.

Até então, a representação do desenho do edifício era feita de modo bidimensional e a compatibilização era realizada de modo manual, dentro de um processo de trabalho associado ao uso de ferramentas ou sistemas CAD. Com o surgimento do BIM passou-se a realizar modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações do edifício.

O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de compartilhamento da informação durante todas as fases do ciclo de vida de um edifício (projeto, construção, manutenção, desconstrução) (ver Figura 8) e facilita a comunicação entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional, acessível através de software e que permite a construção virtual desse mesmo edifício.

Figura 8 – Ciclo de vida da edificação.



Fonte: Adaptado de <http://buildipedia.com>.

Esse modelo de informação digital além de conter dados sobre as características geométricas dos elementos que compõem o edifício, como a volumetria, áreas, dimensões, declividades, entre outras informações, também inclui as suas propriedades e atributos não-geométricos, que caracterizam os objetos do modelo quanto aos materiais utilizados, fabricantes, custo, entre outras (JERNIGAN, 2008).

Dentre as informações não-geométricas contidas nos modelos BIM, as informações paramétricas dos objetos do modelo tem papel fundamental na consistência do modelo. Os parâmetros envolvem distâncias, ângulos e regras que possibilitam relações entre os objetos do modelo, permitindo que “um elemento varie de acordo com os valores de seus parâmetros e suas relações contextuais” (EASTMAN et al., 2014). Um exemplo disso são as conexões entre elementos do sistema hidrossanitário, caso aconteça deslocamentos em um dos elementos, os demais elementos conectados a este se adaptam, mantendo a conexão, ou o próprio software indica um erro de conexão.

2.6 Interoperabilidade e o IFC

A metodologia BIM traz consigo diversas vantagens para quem utiliza, uma delas é propiciar a integração entre diferentes profissionais responsáveis por disciplinas distintas. Essa integração tem como objetivo a redução de custos com problemas de incompatibilidade na obra, uma vez que esses problemas são resolvidos na etapa de projeto e concepção da edificação (LEÃO; NUNES, 2018).

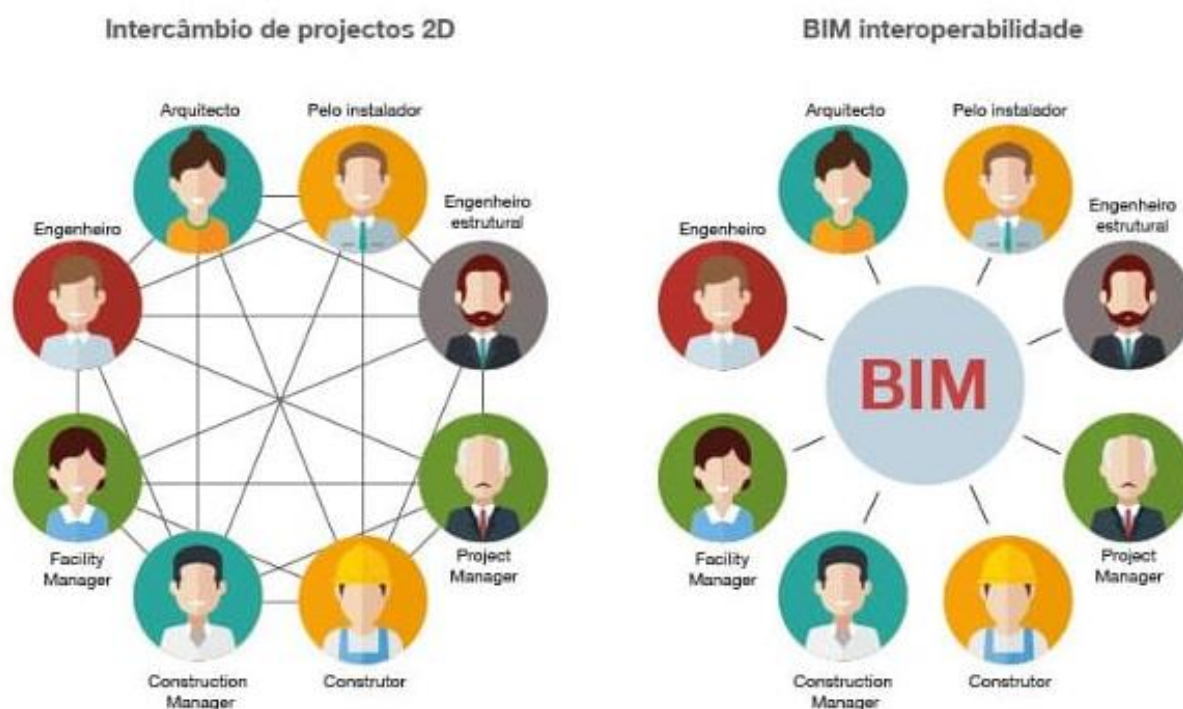
É importante ressaltar que o BIM não é apenas um software específico, o BIM deve ser entendido como um processo ou método de trabalhar, pois nele baseia-se a ideia de objeto inteligente, de forma que, com auxílio de programas que utilizam desse processo, há a geração de produtos, como o projeto em si, sendo compatibilizado com os projetos de diversas disciplinas. Assim, as informações de desenvolvimento do edifício ao longo do tempo de obra e manutenção, custo da obra, simulação do projeto

fornece informações suficientes para simulação e acompanhamento da obra e de sua manutenção (HARDIN, 2009).

A troca de dados e informações entre aplicativos utilizados no processo de projeto e a capacidade de identificação, é denominado como interoperabilidade (EASTMAN, 2014). Esta permite aos profissionais de todas as disciplinas envolvidas terem acesso e alterar os dados do modelo de acordo com o projeto específico de cada um de maneira colaborativa e ágil. Para identificação e troca de informações são utilizados arquivos de formato internacional entre todos os softwares BIM, como o IFC (*Industry Foundation Classes*- formato de exportação de arquivos BIM) (RUSCHEL et al., 2010), que surgiu em 1994, por uma equipe chamada Internacional Alliance of Interoperability (IAI) e hoje pertence a Building Smart.

Esse modelo digital gerado pode simular o produto final de uma construção, pois nesse modelo contém todas as informações das diferentes especialidades envolvidas na empreitada. A Figura 9 demonstra as diferenças e o quanto a interoperabilidade do processo BIM facilitou a gestão de projetos se comparado ao modelo de projetos CAD, 2D.

Figura 9 – Representação de interoperabilidade do BIM.



Fonte: Biblus, 2018.

Em resumo, é uma tecnologia que permite o modelamento virtual de um objeto com todas as suas características (geométricas e não-geométricas) que, ao serem agrupadas, facilitam o gerenciamento, projeto, construção, operação e manutenção desse objeto por todos os agentes envolvidos no processo.

2.7 Benefícios do BIM

Segundo Eastman (2014), a tecnologia BIM pode melhorar inúmeras práticas. Embora a engenharia e arquitetura ainda estejam no início da adoção do BIM melhorias significativas já são perceptíveis quando comparadas ao uso tradicional do CAD 2D ou ao uso do papel.

Os benefícios do BIM podem ser percebidos nos diferentes estágios do ciclo de vida de um empreendimento. Na fase de concepção de projetos ele pode ajudar na análise de viabilidade e nos estudos preliminares. Durante a etapa de projetos o

BIM permite visualizações mais precisas, correções automáticas e parametrizadas de mudanças, além disto, modelos 2D podem ser gerados automaticamente e o projeto pode ser trabalhado de forma multidisciplinar desde as fases iniciais podendo ser utilizado para gerar quantitativos de materiais. De acordo com NUNES et. al. (2017), algumas das vantagens observadas são:

- Melhorar a interpretação do projeto– como a plataforma gera desenhos em 3D pode-se ter maior definição de qual será o resultado final da estrutura;
- Adequado planejamento do projeto– com um projeto bem definido ficará mais fácil fazer um planejamento preventivo, pois o fomentador poderá visualizar todos os projetos de forma integra e organizada, aumentando as chances de sucesso;
- Redução de erros no projeto– como a visualização é facilitada e a integração dos projetos acontece em uma única ferramenta, fica mais fácil identificar um possível erro organizacional dos elementos;
- Alteração em todo o projeto– com o sistema, qualquer alteração feita em alguma parte do projeto será alterada em todos os outros elementos de projeto, por exemplo, se mudar a dimensão de alguma peça estrutural no desenho em 2D o sistema mudará em tempo real todo o projeto inclusive o desenho em 3D;
- Rapidez na elaboração dos projetos- como as alterações são feitas em tempo real e em função da melhoria na interpretação de projeto, o tempo de produção do projeto reduzirá em comparação as plataformas não integradas.
- Reduz a quantidade de arquivo gerado em função de um projeto;
- Melhora o controle dos custos– a ferramenta permite que o usuário tenha uma melhor estimativa de quantitativos de matérias pois ela fornece a quantidade de todo material que será gasto se o projeto for minuciosamente elaborado;

- Logística de operação– é possível verificar a logística dos materiais que passaram pela obra durante a execução, como caminhões e guindastes.

2.8 Principais softwares BIM

Atualmente, há uma diversidade de softwares para desenvolvimento de projetos hidrossanitários que utilizam metodologia BIM, alguns deles:

- Hydros V4: é um software desenvolvido pela AltoQI. Nele é possível a realização de projetos de instalações de água fria, água quente, esgoto e gás, além de possuir a capacidade de gerar listas de materiais e memorial de cálculos de acordo com o projeto realizado. Possui visualização 3D do projeto, gera vistas isométricas, listas de materiais e memoriais de cálculo de maneira automática, sem a necessidade da realização manual de tais etapas pelo projetista.
- QiBuilder: é um software também desenvolvido pela AltoQI. Permite a elaboração de projetos hidrossanitários, elétricos, preventivos de incêndio, SPDA, gás, cabeamento estruturado, climatização, saneamento e alvenaria estrutural. Além de possuir as mesmas funcionalidades do Hydros V4, ainda possui algumas ferramentas a mais de lançamentos automáticos e a opção de exportação em formato IFC.
- Autodesk Revit: é um software para projeto e modelagem 3D, desenvolvido pela Autodesk. Nele é possível projetar um edifício em 3D virtualmente. Por se tratar de um modelo virtual, é possível utilizar informações reais para analisar conflitos de projeto, como por exemplo a interferência entre as várias disciplinas atuantes na construção, e ainda com a integração do Revit com programas de gerenciamento de projetos é possível realizar o gerenciamento da construção com muita eficiência.

Para este trabalho, optou-se em utilizar o software QiBuilder, pois além de todas as vantagens apresentadas, realiza o dimensionamento das instalações e possui uma biblioteca completa de peças.

3 METODOLOGIA

Diante dos objetivos identificados, buscou-se organizar a metodologia levantando evidências que sustentem a proposição de que o BIM como metodologia de compatibilização é realmente eficiente e vantajoso para essa etapa do processo de projeto. Assim, formata-se essa pesquisa dentro de algumas etapas.

O projeto de estudo foi cedido pela empresa X, que autorizou a utilização do mesmo para esta pesquisa. O desenvolvimento desse estudo de caso se deu em três etapas, buscando, em cada uma delas, caracterizar o BIM e sua atuação.

O passo inicial para este trabalho foi o referencial teórico a fim de fundamentar o processo de compatibilização dentro do processo de projeto, para isso foi necessário estudar, através de livros, artigos, teses e dissertações a plataforma BIM, sua aplicabilidade dentro do processo de compatibilização, os softwares envolvidos e sua utilização na indústria nacional.

Logo após, foi realizar uma análise do modelo tridimensional do projeto hidrossanitário que já foi realizado anteriormente no software *QiBuilder* (ver Figura 10). Em seguida, a disciplina foi colocada em confronto com o modelo arquitetônico e estrutural a fim de se analisar as interferências antes não vistas por partes dos diversos projetistas.

Figura 10 – Software QiBuilder.



Fonte: AltoQi, 2020.

Por conseguinte, foi realizada a compatibilização desse projeto utilizando a metodologia BIM, com três disciplinas distintas, arquitetônico, hidrossanitário e estrutural.

A escolha por esses projetos se deve ao fato dessa pesquisa ser apenas demonstrativa e não um trabalho de compatibilização final, considerando também o tempo disponível para o desenvolvimento da mesma.

A modelagem de cada um dos projetos já estava realizada, onde houve necessidade de fazer apenas ajustes no modelo. A interação desses modelos foi feita posteriormente em um arquivo único, onde foram realizadas as compatibilizações.

E por último, foi realizado um estudo das situações de incompatibilidades vistas de modo tridimensional. Para essa finalidade, foi utilizado o software Trimble, onde foi possível reunir todas as disciplinas analisadas no projeto, melhorando a compreensão do projeto, permitindo tomar decisões certeiras e aumentando a eficiência. Foi então gerado um levantamento das incompatibilidades e feita uma análise dos erros encontrados. Ao final desse processo, obteve-se um relatório de incompatibilidades e foi possível prever as soluções para as mesmas.

O intuito desse estudo é mostrar como o BIM pode ser favorável à etapa de compatibilização, auxiliando todos os profissionais envolvidos no processo de projeto, no gerenciamento e documentação.

Em síntese, na primeira etapa, foi recebido os modelos do projeto. Na segunda etapa, foram reunidos estes modelos em um único arquivo para levantamento das incompatibilidades. Na terceira etapa, foram identificados e descritos os erros encontrados. O quadro 1 demonstra todas as atividades realizadas, ferramentas utilizadas e resultados esperados de cada objetivo específico.

Quadro 1- Metodologia do trabalho.

OBJETIVO GERAL	Demonstrar os benefícios do BIM para a realizar a compatibilização de projetos hidrossanitários.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS
Compreender o conceito e aplicação do BIM.	Estudar a plataforma BIM e seus benefícios para a concepção de projetos. Tendo como ponto de partida o referencial teórico.	Livros, artigos e dissertações.	Compreensão da aplicabilidade do software Bim e principais ganhos com a utilização do mesmo para projetos.
Verificar a modelagem do projeto.	Analisar o quanto o modelo tridimensional se aproxima da realidade.	Software Autocad, AutoQi Builder e Trimble.	Analisar possíveis erros ainda na fase de concepção.
Realizar a compatibilização e quantificar os resultados.	Comparar as interferências realizadas e propor soluções.	Capacidade de identificar interferências interdisciplinares dos projetos.	Identificação de incompatibilidades não vistas na elaboração de projetos.

Fonte: Autora, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Descrição do empreendimento

O projeto utilizado nesse estudo foi uma edificação residencial multifamiliar construída na cidade de Vitória-ES, que será chamada de edificação Y. Os projetos foram disponibilizados por uma construtora da cidade, que será chamada de construtora ABC.

A edificação escolhida para modelagem possui um total de 17 pavimentos e 1.252,00m² de área de terreno, sendo composto pelo subsolo, térreo, mezanino técnico, garagem, 1º pavimento tipo (Garden), tipos (5º ao 14º), 1º e 2º duplex, reservatório superior e cobertura do reservatório superior. Cada um dos pavimentos tipo possui 2 apartamentos, cada um com 166,20 m², totalizando 24 unidades residenciais (ver Figura 11). Cada apartamento tipo possui três suítes, sala de jantar/estar, cozinha, área de serviço com despensa, lavabo, área técnica e varanda. Na tabela 1 estão algumas informações sobre a edificação:

Tabela 1- Informações sobre a edificação.

QUANTIDADE DE UNIDADES (UNID.)		QUADRO DE ÁREAS (m²)				
RESIDENCIAIS	24	ÁREA DO TERRENO (TOPOGRAFIA)	1.263,55m²	ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA	8.995,25m³	
COMERCIAIS	2	ÁREA DO TERRENO (ESCRITURA)	1.252,00m²	ÁREA PERMEÁVEL	71,53m²+LEI 9.271/18	
				ÁREA DE PROJEÇÃO	586,62m²	
VAGAS RESIDENCIAIS:		ÁREA DE CONSTRUÇÃO		ÁREA TOTAL COMPUTÁVEL	3.504,41m²	
LIVRES	65	SUBSOLO	1.169,53m²	ÁREA COMERCIAL NÃO COMPUTÁVEL	359,26m²	
VINCULADAS	35	TÉRREO- 1ºPAVTO	1.1145,99m²			
VAGAS COMERCIAIS:		MEZANINO TÉCNICO	589,30m²			
BICICLETAS EM PARACICLO	6	2ºPAVTO-LAZER	1.086,94m²			
MOTO (CARGA/DESCARGA)	1	4ºPAVTO-TERRAÇO	573,46m²			
CARGA E DESCARGA UTILITÁRIO	1	5º AO 14ºPAVTO TIPO (X10)	355,98m²			
ÁREA COMPUT. POR USO (m²):		15º PAVTO- 1º DUPLEX (355,98x10)	3.559,80m²			
		16º PAVTO- 2ºDUPLEX	355,98m²			
		CAIXA D'ÁGUA	35,12m²			
		ÁREA COMPUTÁVEL				
RESIDENCIAL		4º PAVTO- TERRAÇO	293,30m²			
3.504,41m²		5º PAVTO AO 14º PAVTO (286,53x10)	2.865,30m²	COEF. APROV.:	TAXA OCUP.:	TAXA PERM.:
		15º PAVTO- 1º DUPLEX	295,96m²	2,799	46,85%	5,71%
		16º PAVTO- 2ºDUPLEX	49,86m²			

Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 11 – Planta arquitetônica do pavimento tipo.



Fonte: Construtora ABC, 2023.

O edifício é designado como alto padrão, contando com lazer completo como: salão de festas, gourmet grill, club longe gourmet, piscina infantil e adulto, solarium, academia, sauna com repouso, quadra poliesportiva, espaço kids e playground, tudo isso, associado com o estilo contemporâneo de arquitetura (ver Figura 12).

Figura 12 – Planta arquitetônica do pavimento lazer.



Fonte: Construtora ABC, 2023.

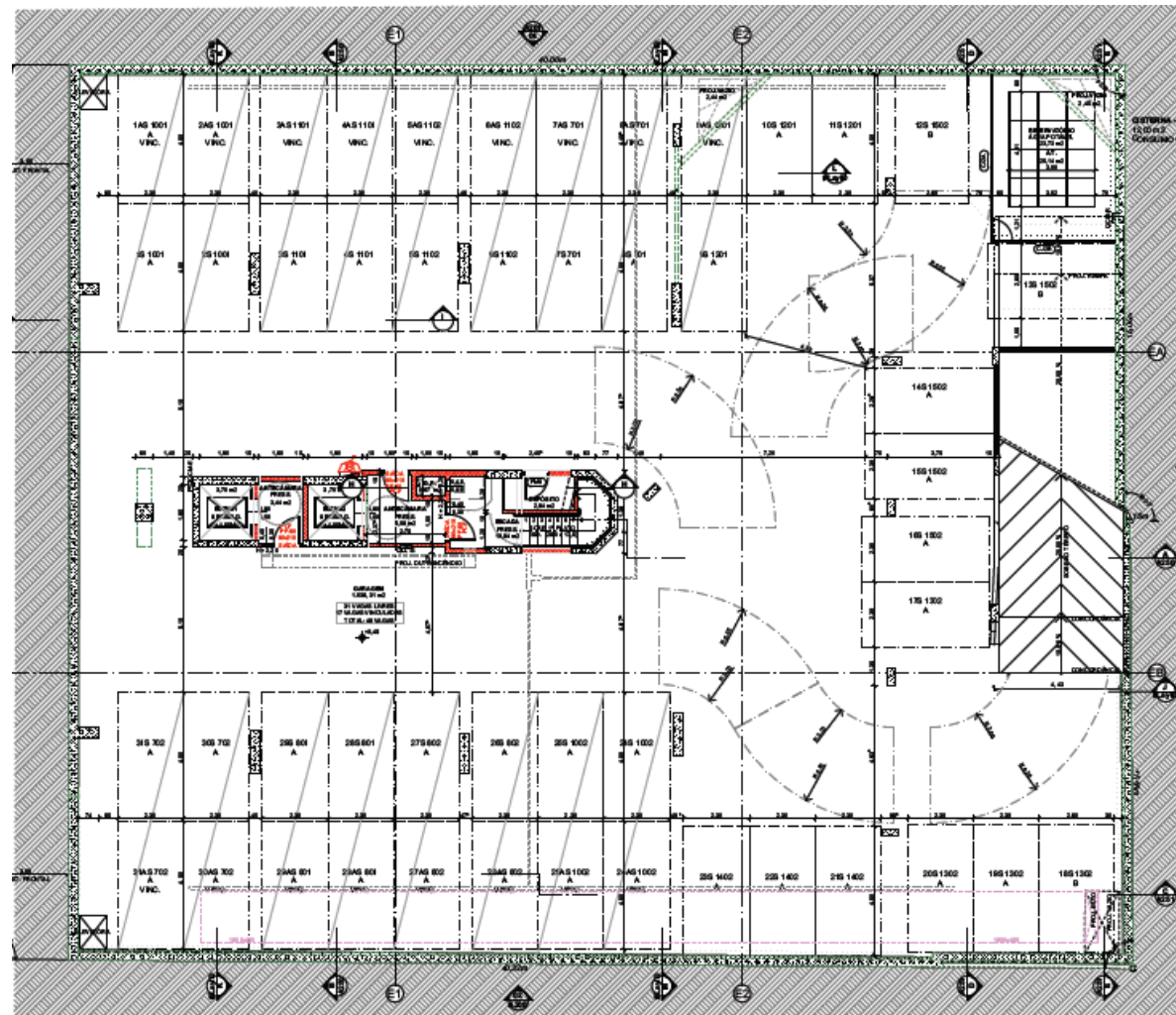
4.2 Projeto arquitetônico

Segundo a NBR 16636-2 (ABNT, 2017) o projeto arquitetônico da edificação “abrange a determinação e a representação dos ambientes e seus compartimentos, seus elementos, componentes e materiais da edificação, com a sua organização, agenciamento, definição estética e ordenamento do espaço construído para uso humano ou representativo, de cunho cultural ou monumental”.

Nesse estudo, o projeto arquitetônico da edificação foi elaborado por um arquiteto, contratado pela construtora, que repassou o projeto aos demais projetistas, não havendo dessa forma um coordenador na equipe.

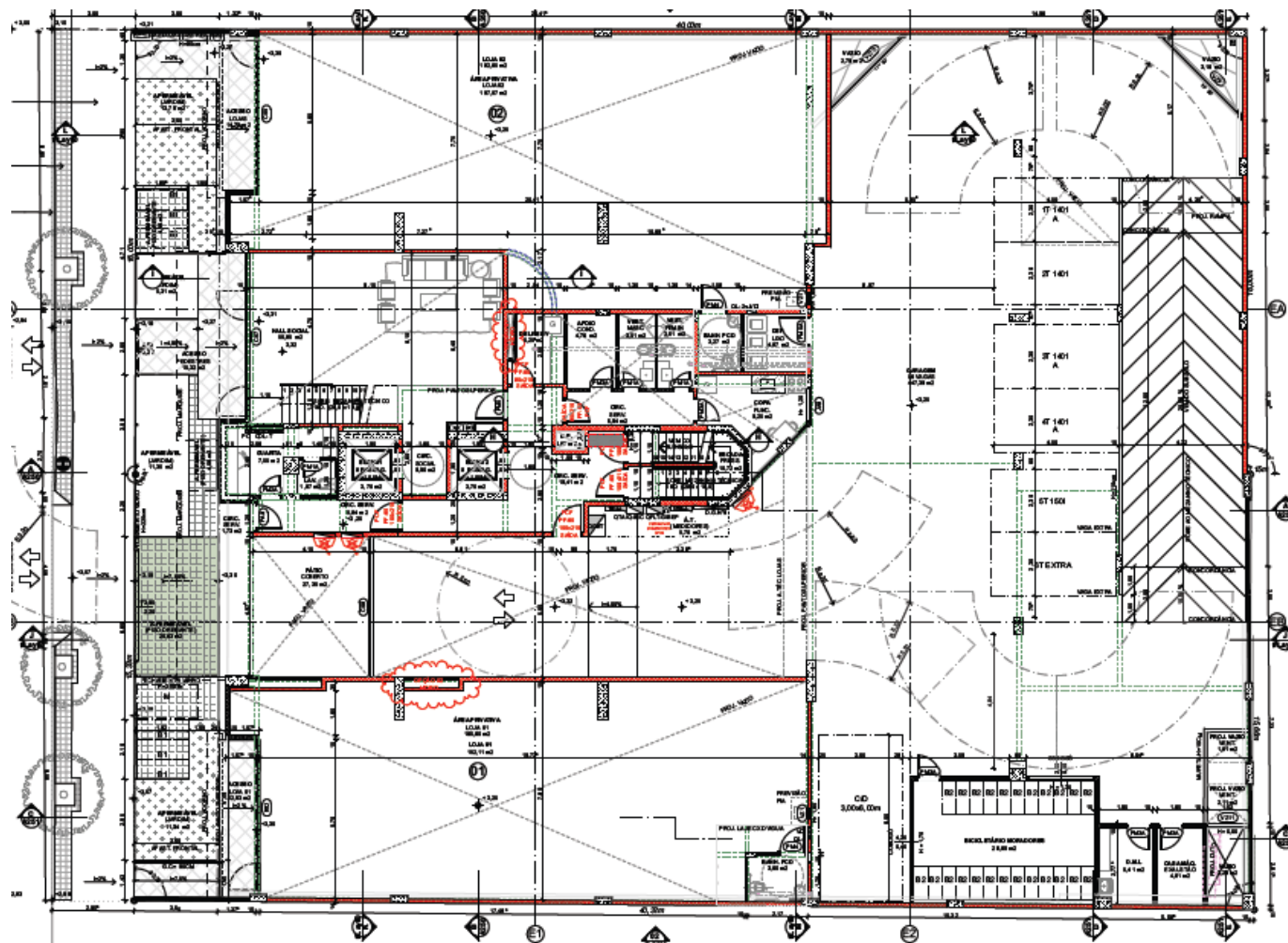
Para o desenvolvimento deste estudo de caso tomou-se como base as plantas arquitetônicas, como exposto nas Figuras 13 à 23. Todas as plantas estão na escala gráfica de 1:50.

Figura 13 – Planta baixa do pavimento subsolo.



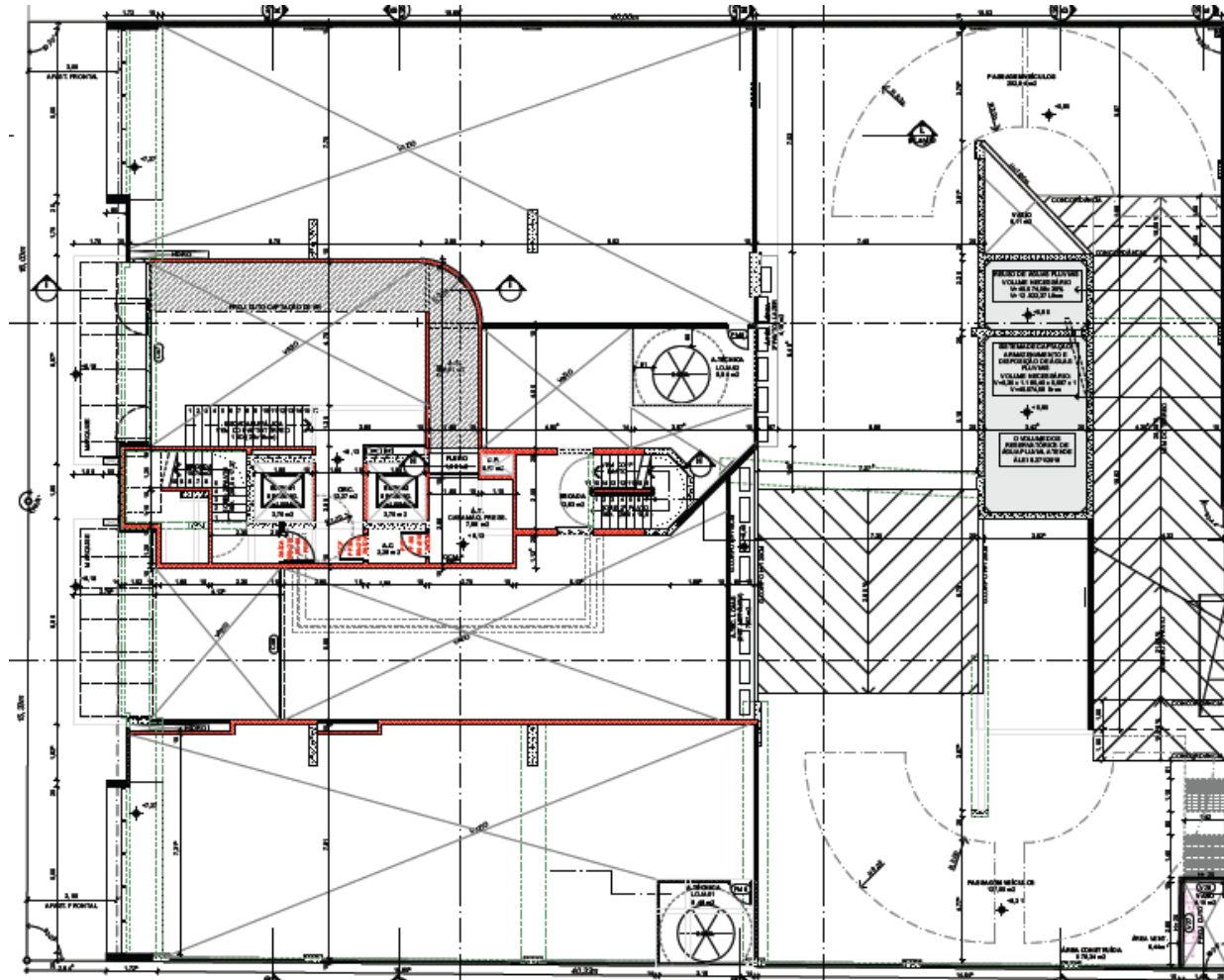
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 14 – Planta baixa do pavimento térreo.



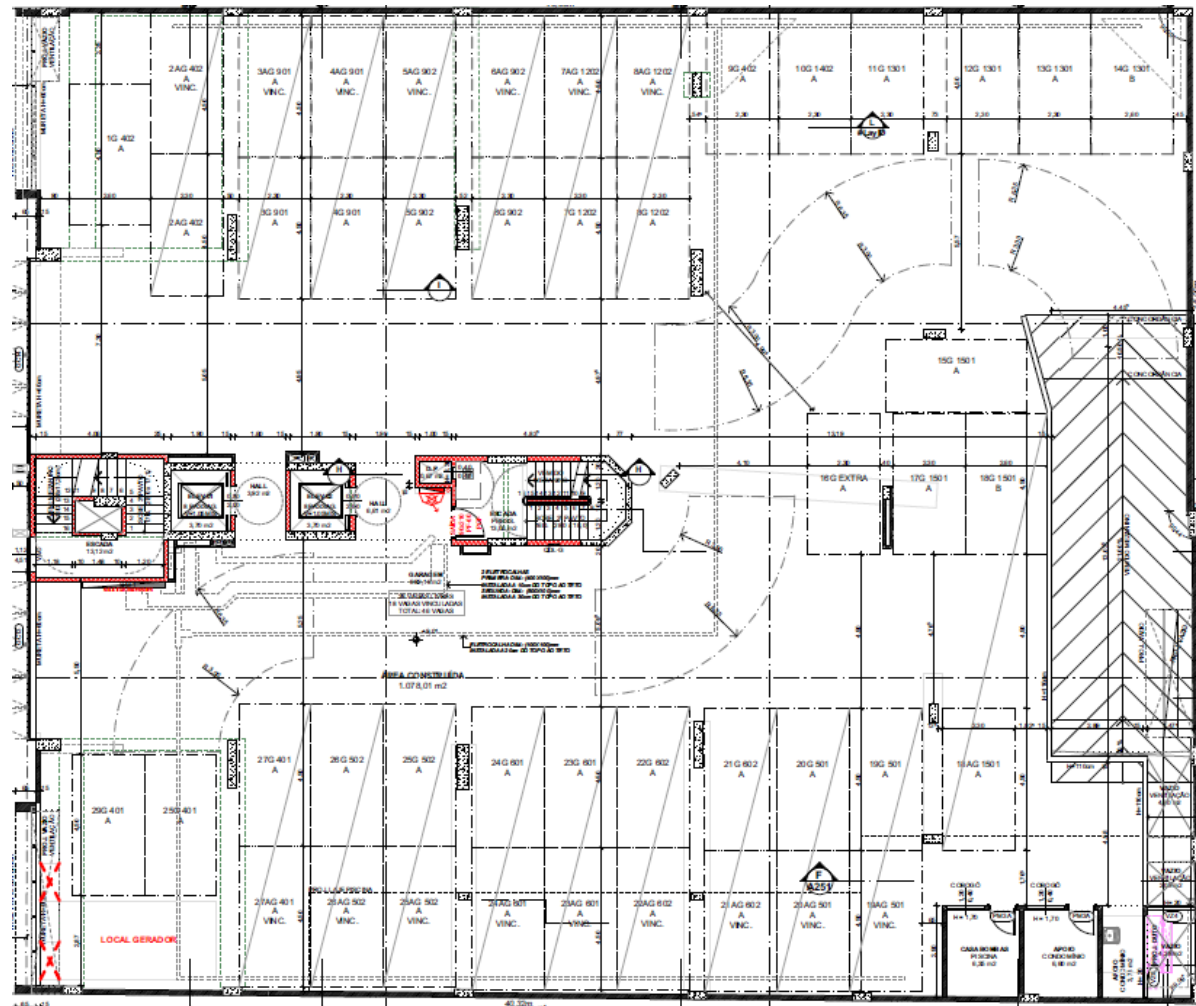
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 15 – Planta baixa do pavimento mezanino.



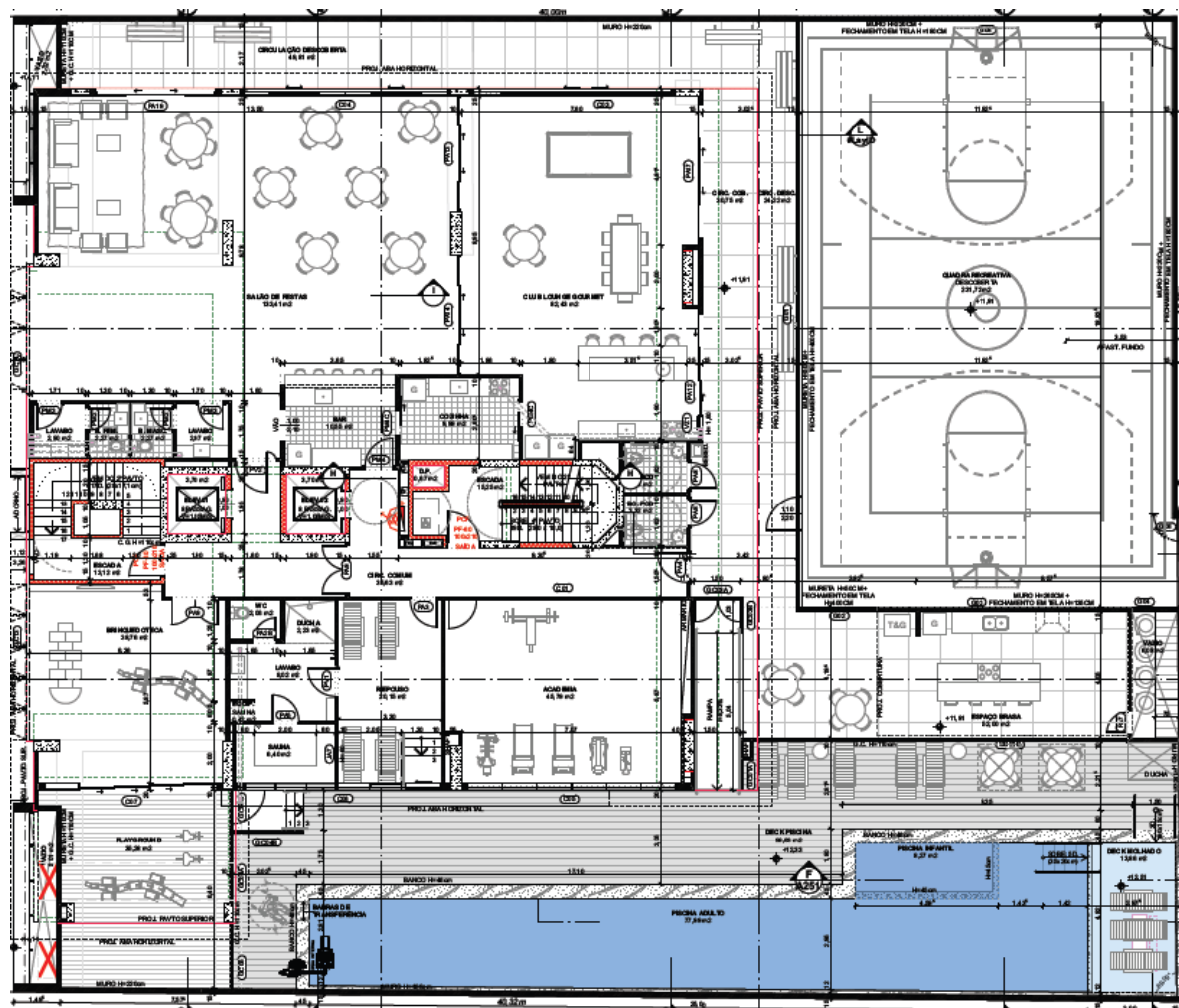
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 16 – Planta baixa do pavimento garagem.



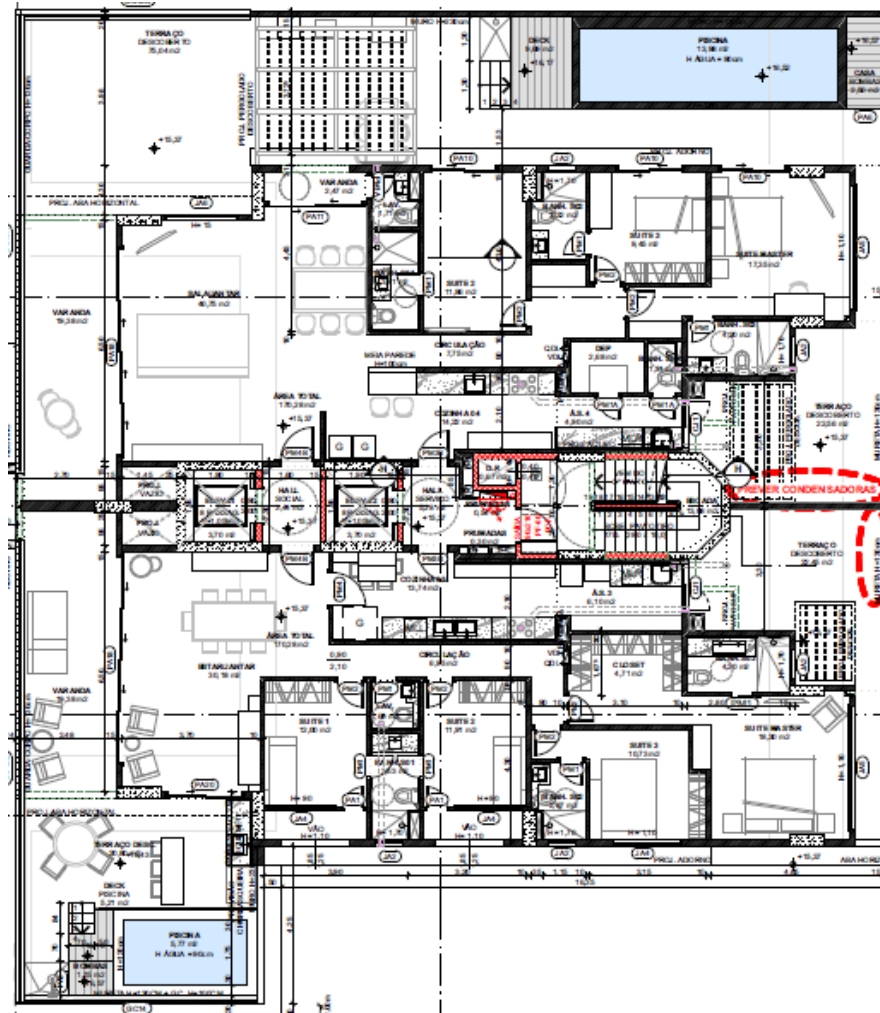
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 17 – Planta baixa do pavimento lazer.



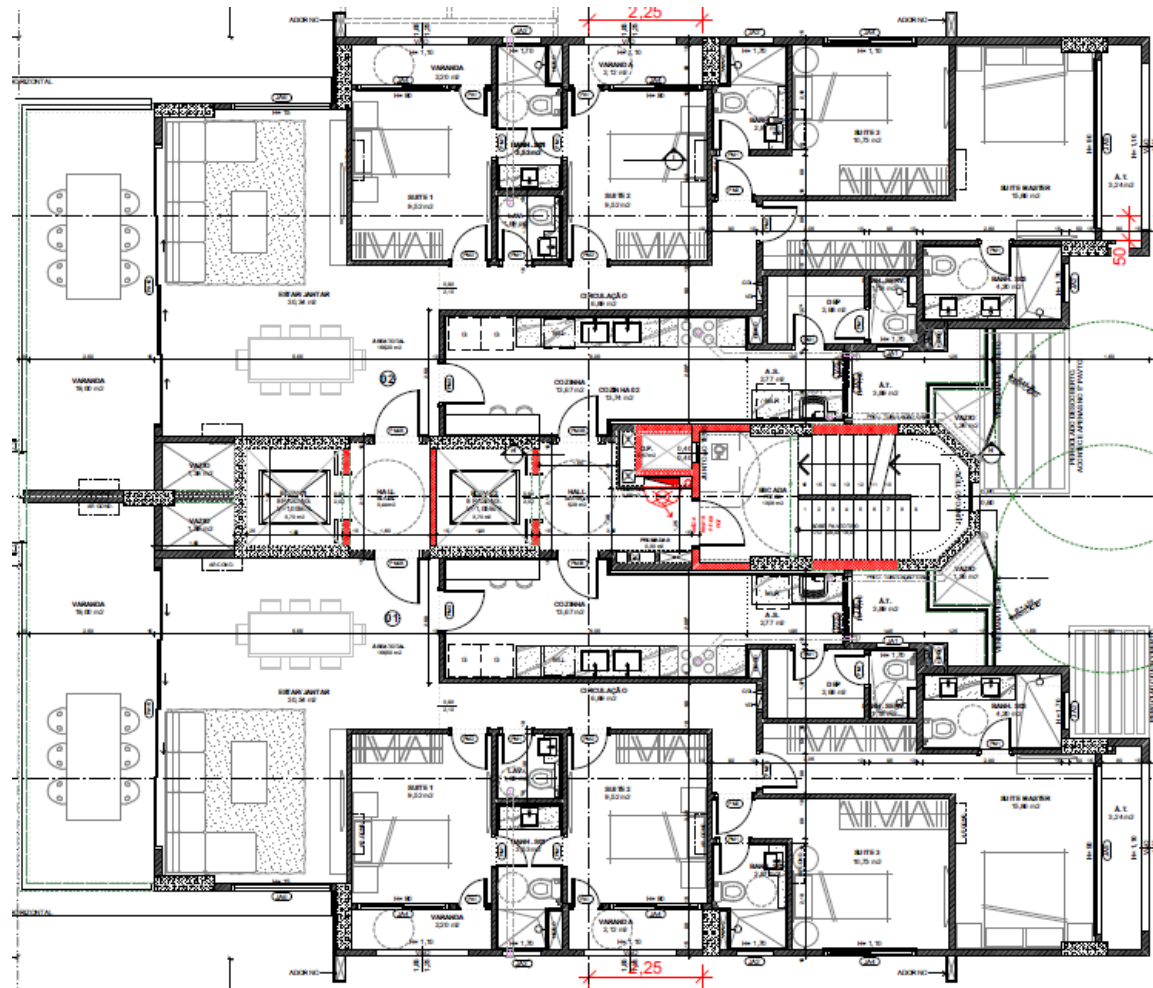
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 18 – Planta baixa do pavimento 1º tipo.



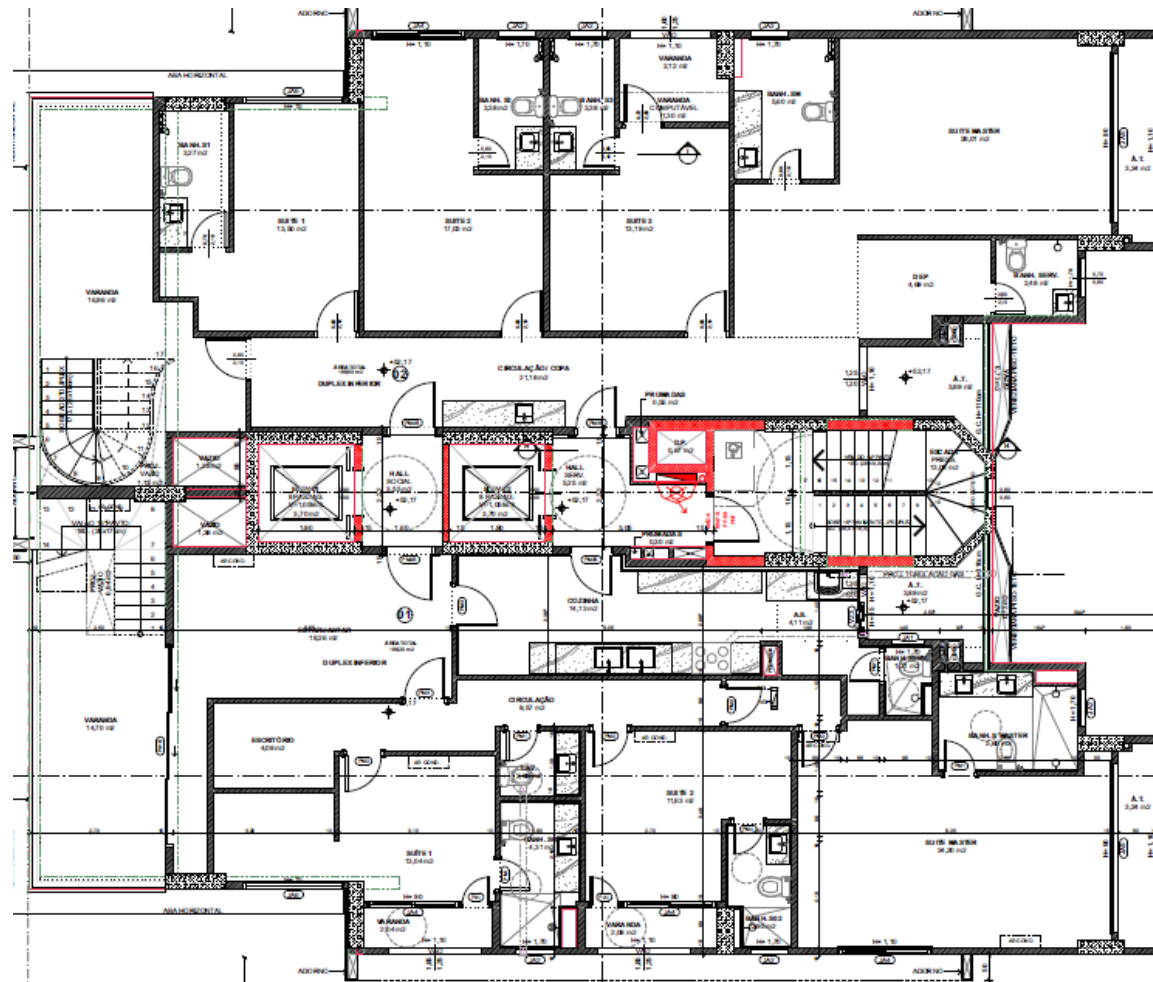
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 19 – Planta baixa do pavimento tipo (10x).



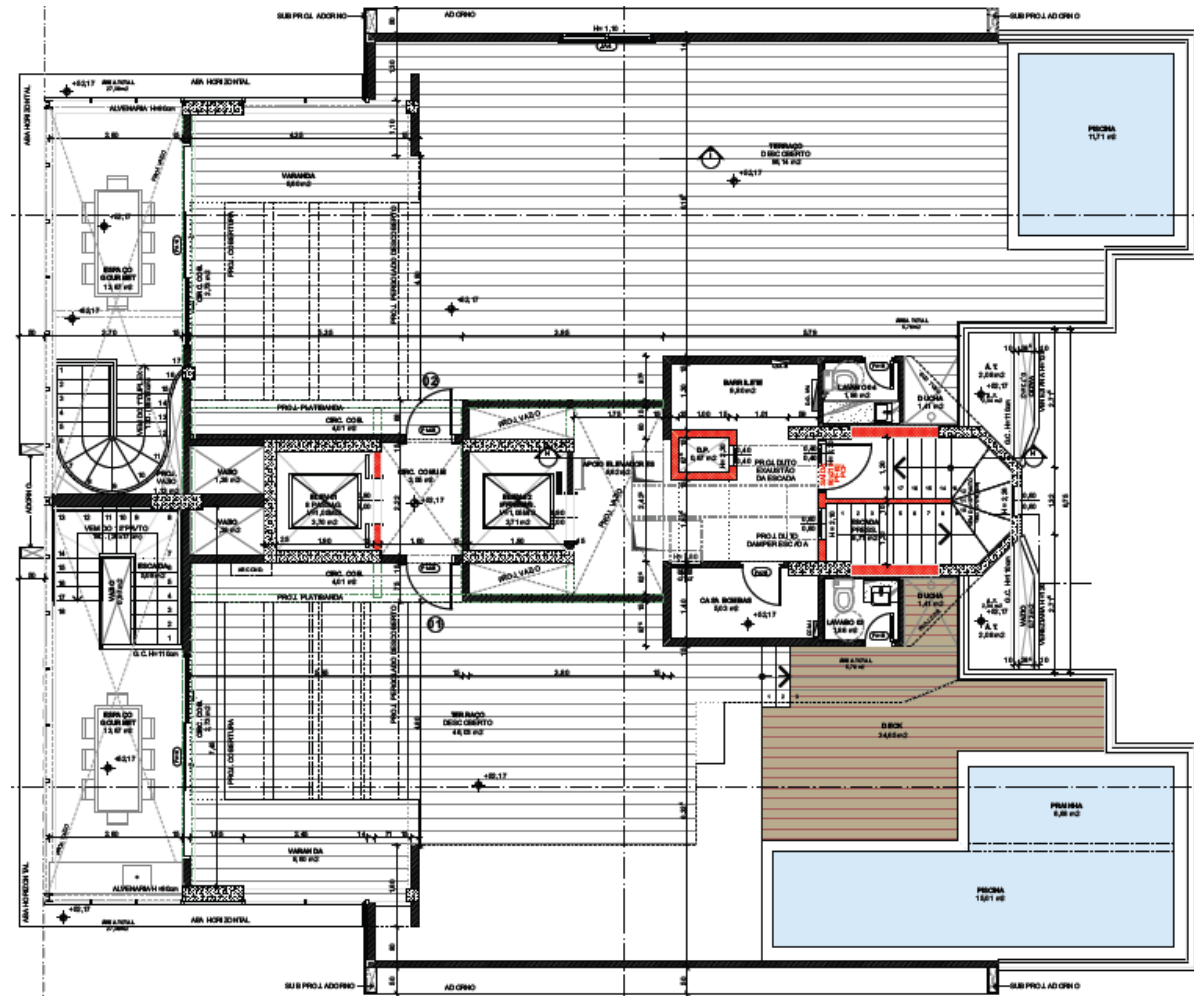
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 20 – Planta baixa do pavimento 1º duplex.



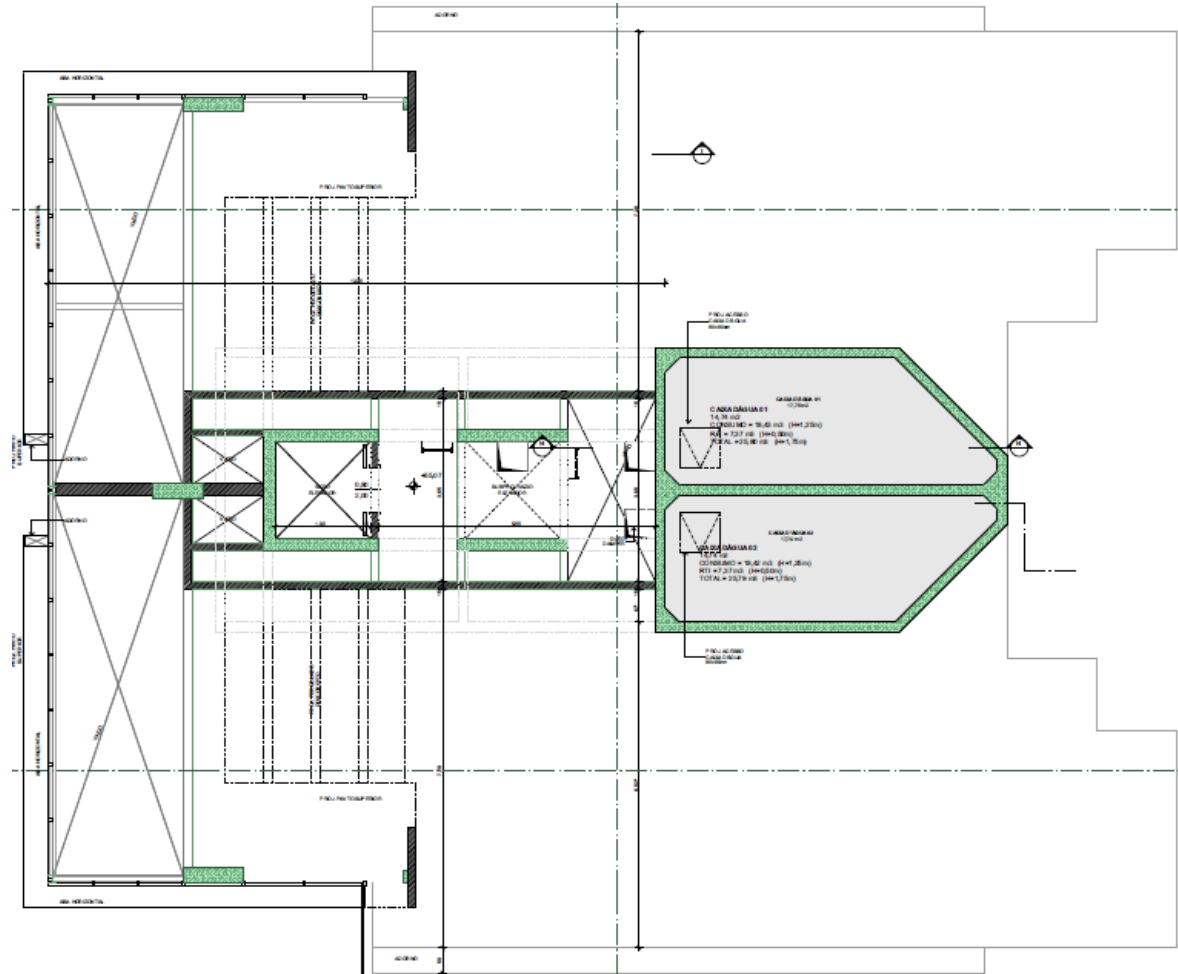
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 21 – Planta baixa do pavimento 2º duplex.



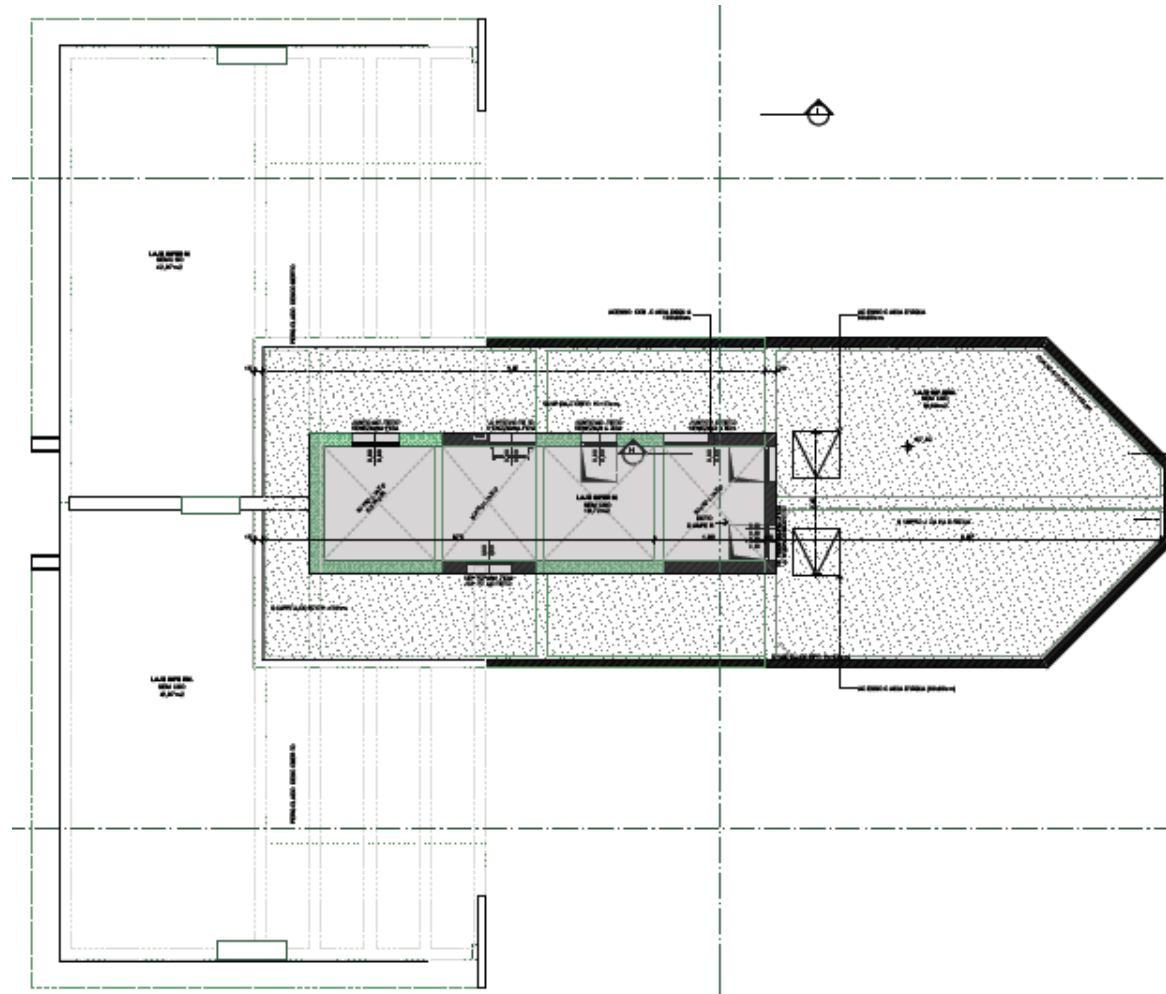
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 22 – Planta baixa do pavimento caixa d'água.



Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 23 – Planta baixa do pavimento cobertura caixa d'água.



Fonte: Construtora ABC, 2023.

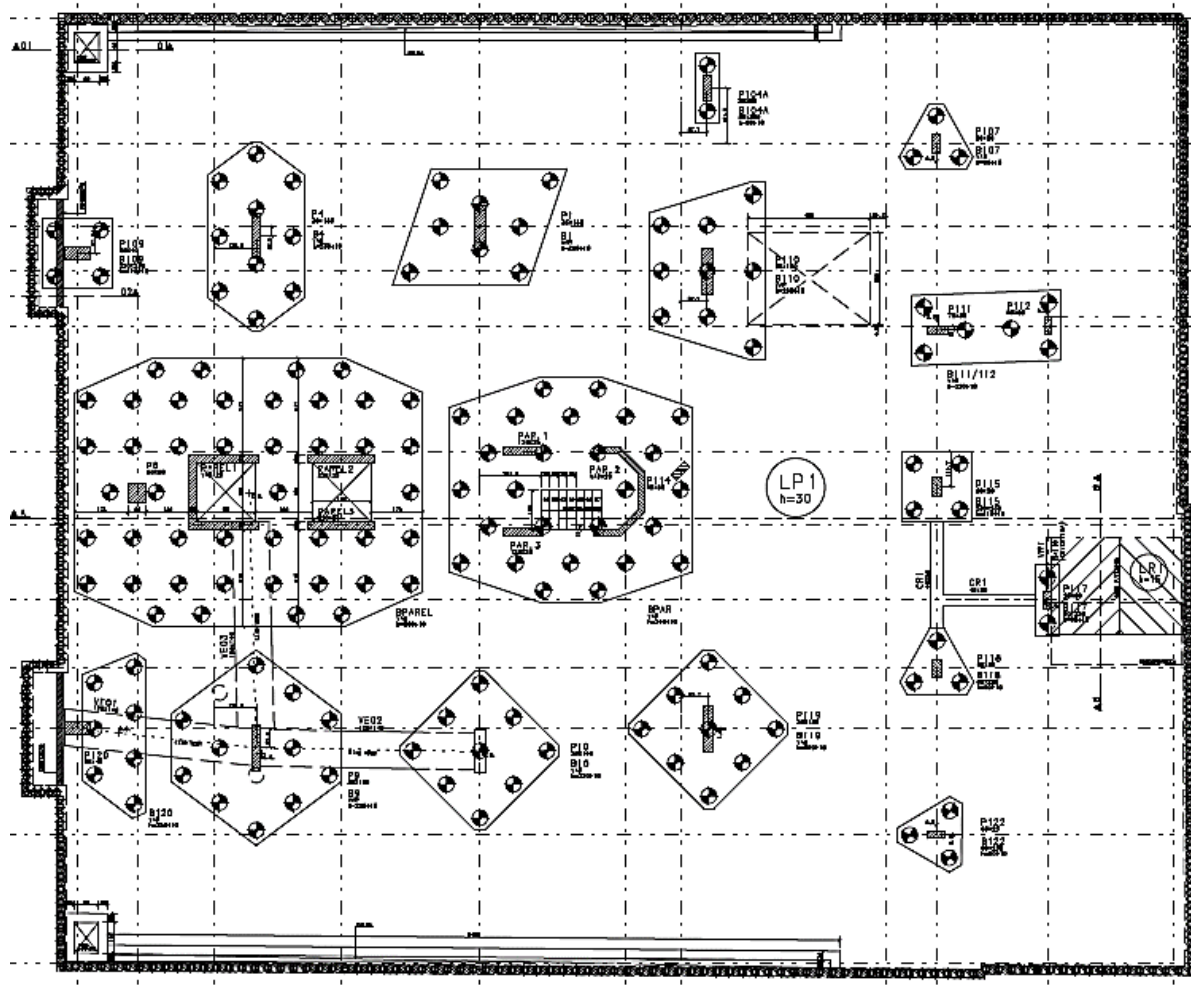
4.3 Projeto estrutural

O projeto estrutural é um projeto complementar ao arquitetônico, cujo foco é o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes). Com isso, é possível determinar as cargas que o edifício resiste e suporta.

O engenheiro estrutural recebe os projetos arquitetônicos e realiza um pré-dimensionamento e um lançamento estrutural básico e depois encaminha para as diferentes equipes disciplinares. Nesse projeto foi utilizado fundações do tipo estaca.

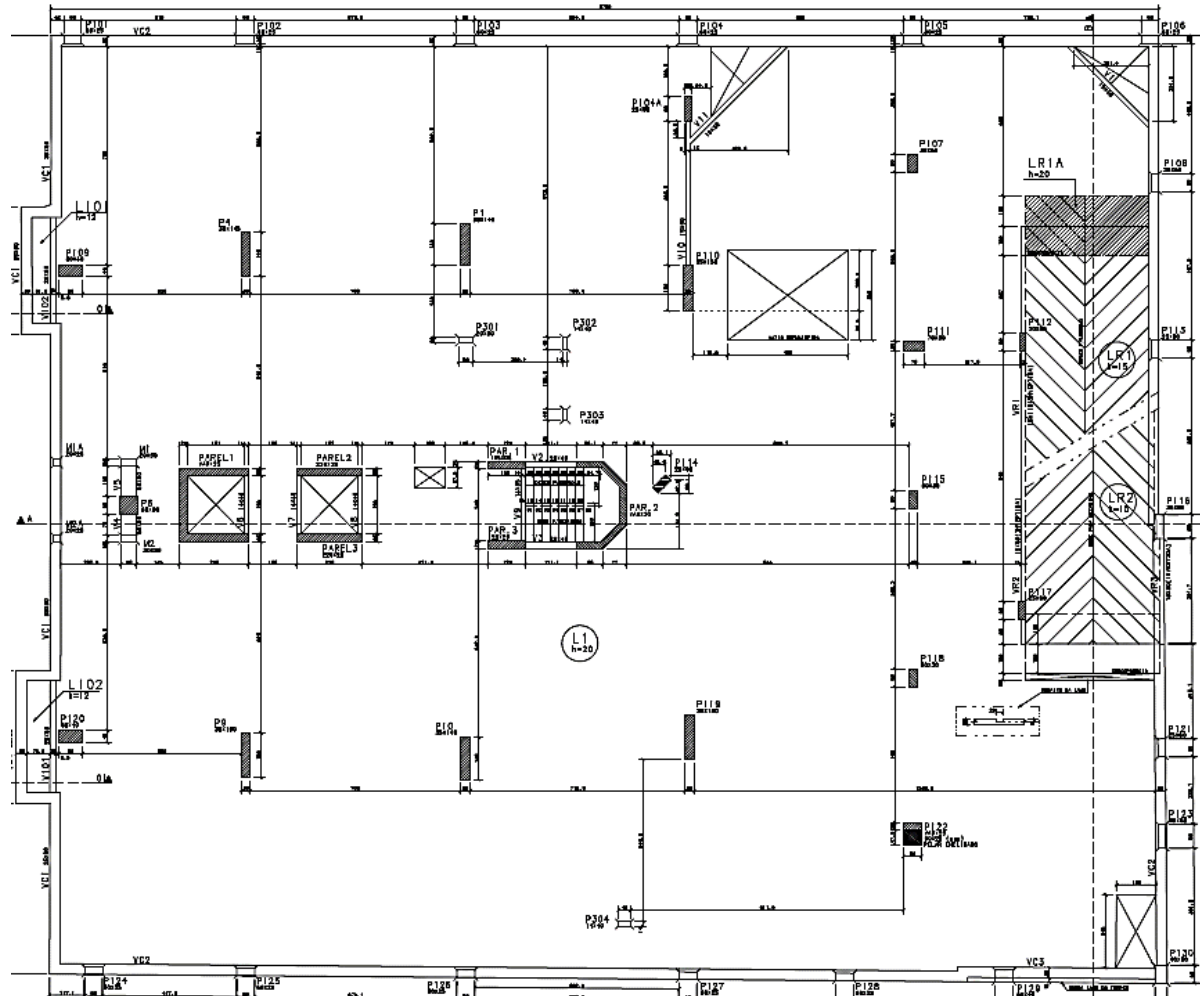
As figuras 24 à 33 mostram as plantas baixas estruturais que também foram disponibilizadas pela construtora. Todas as plantas estão na escala gráfica de 1:50.

Figura 24 – Planta baixa do Projeto Estrutural da fundação.



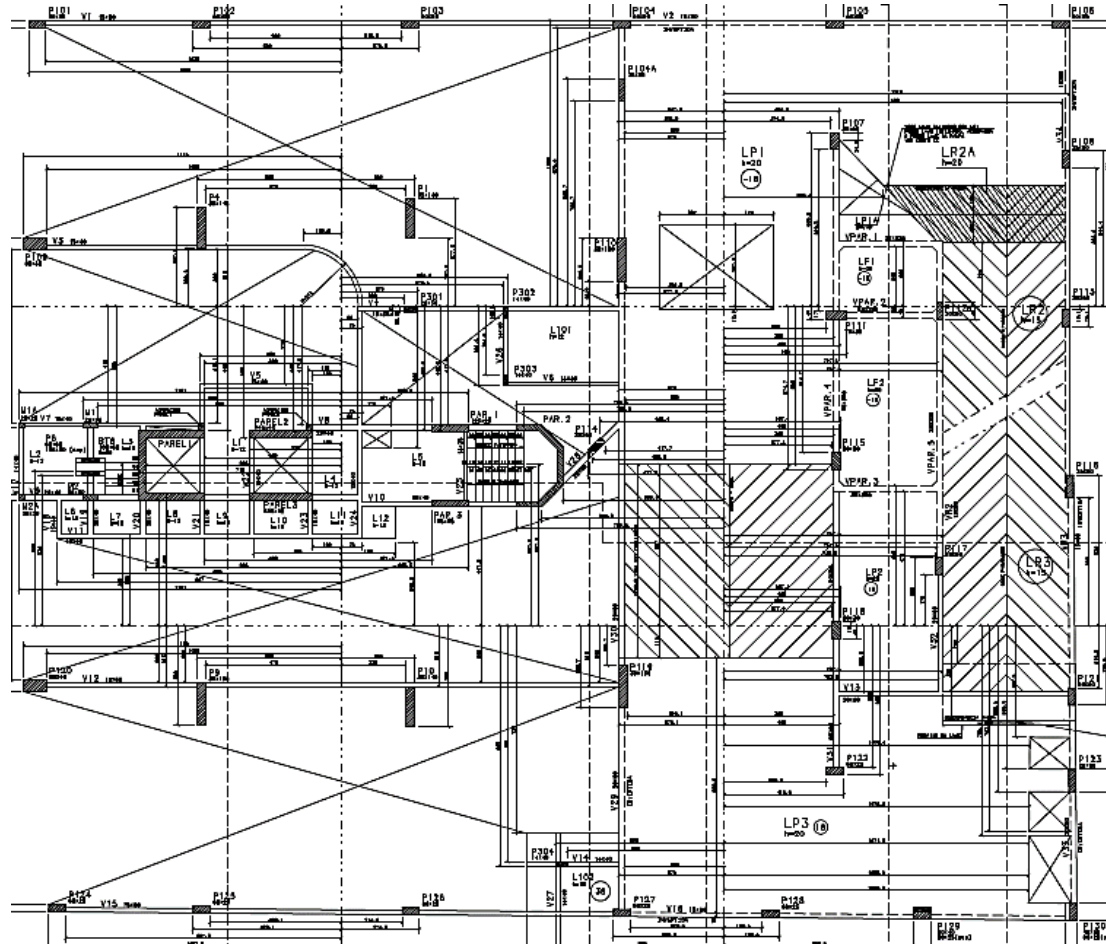
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 25 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento térreo.



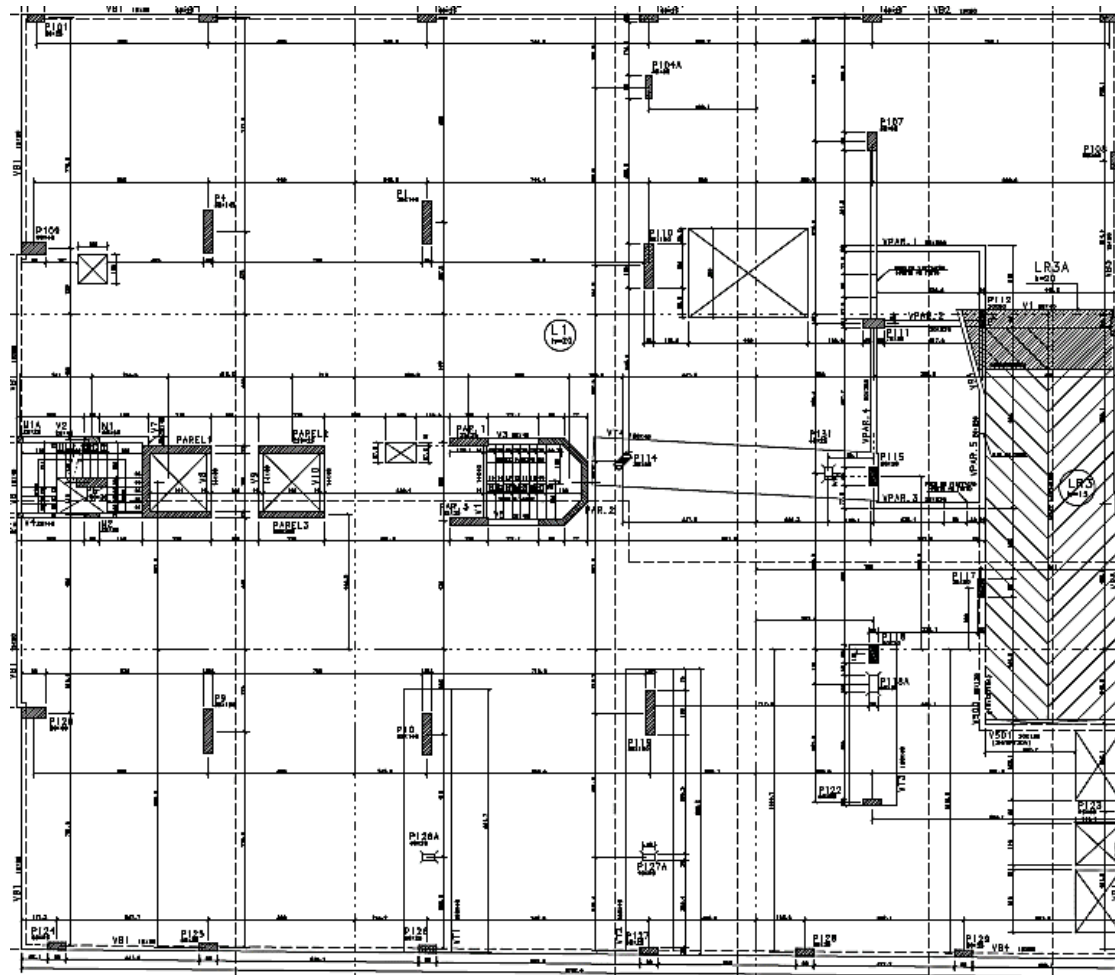
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 26 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento mezanino.



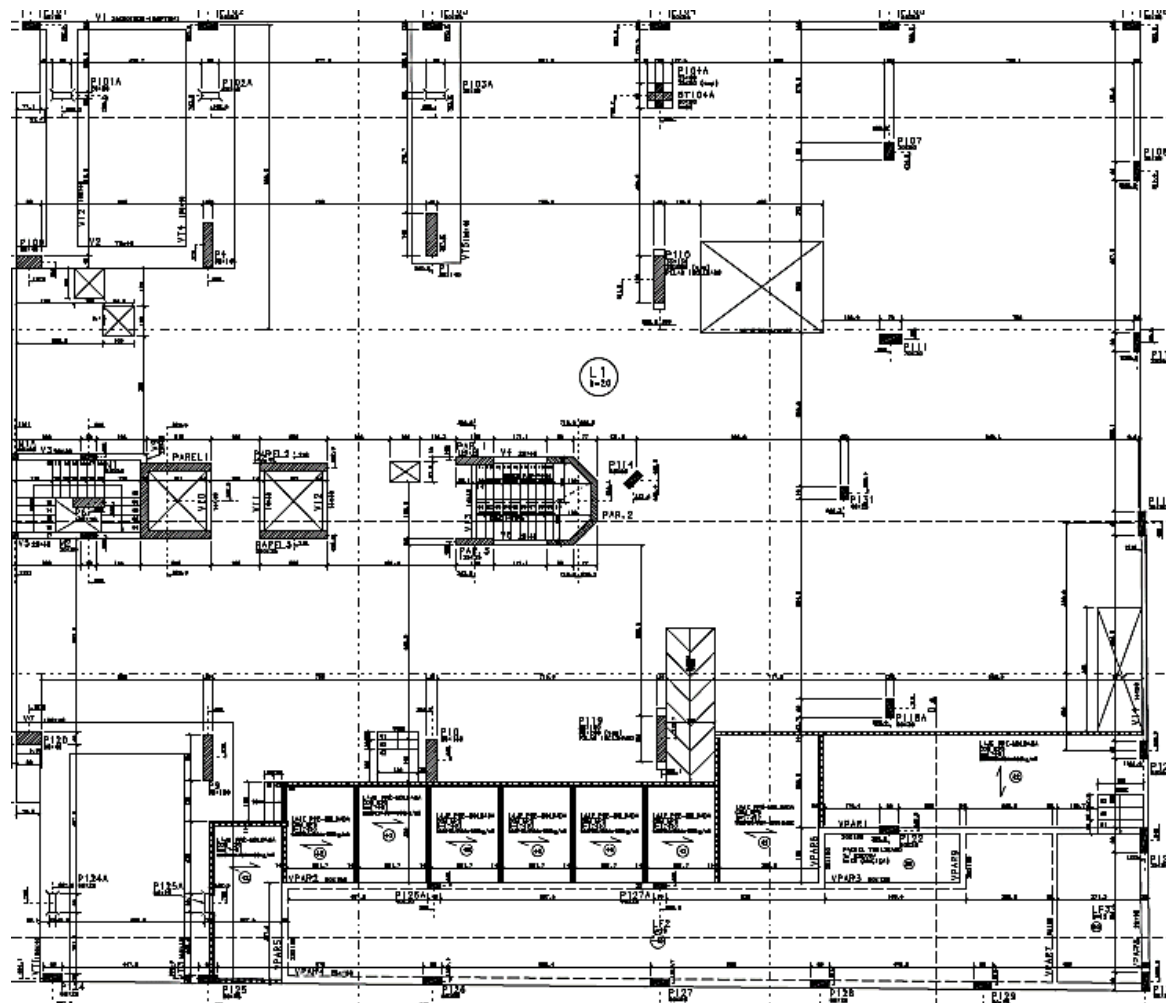
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 27 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento garagem.



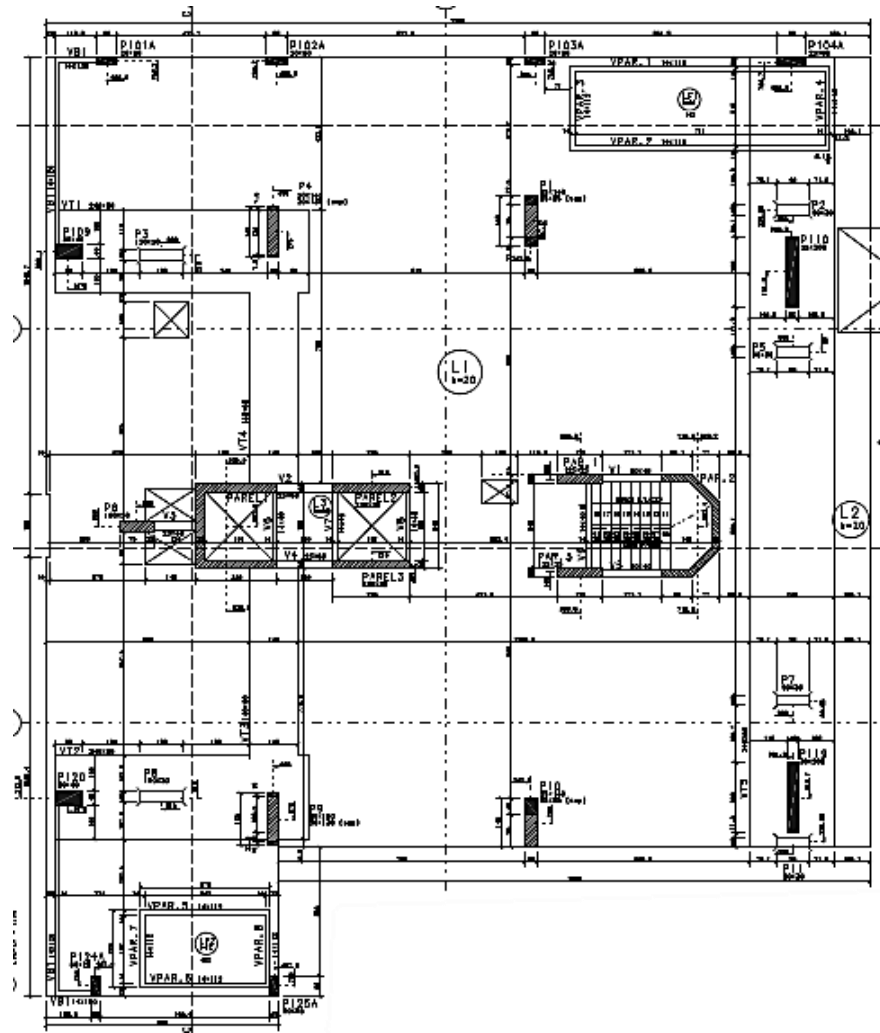
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 28 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento lazer.



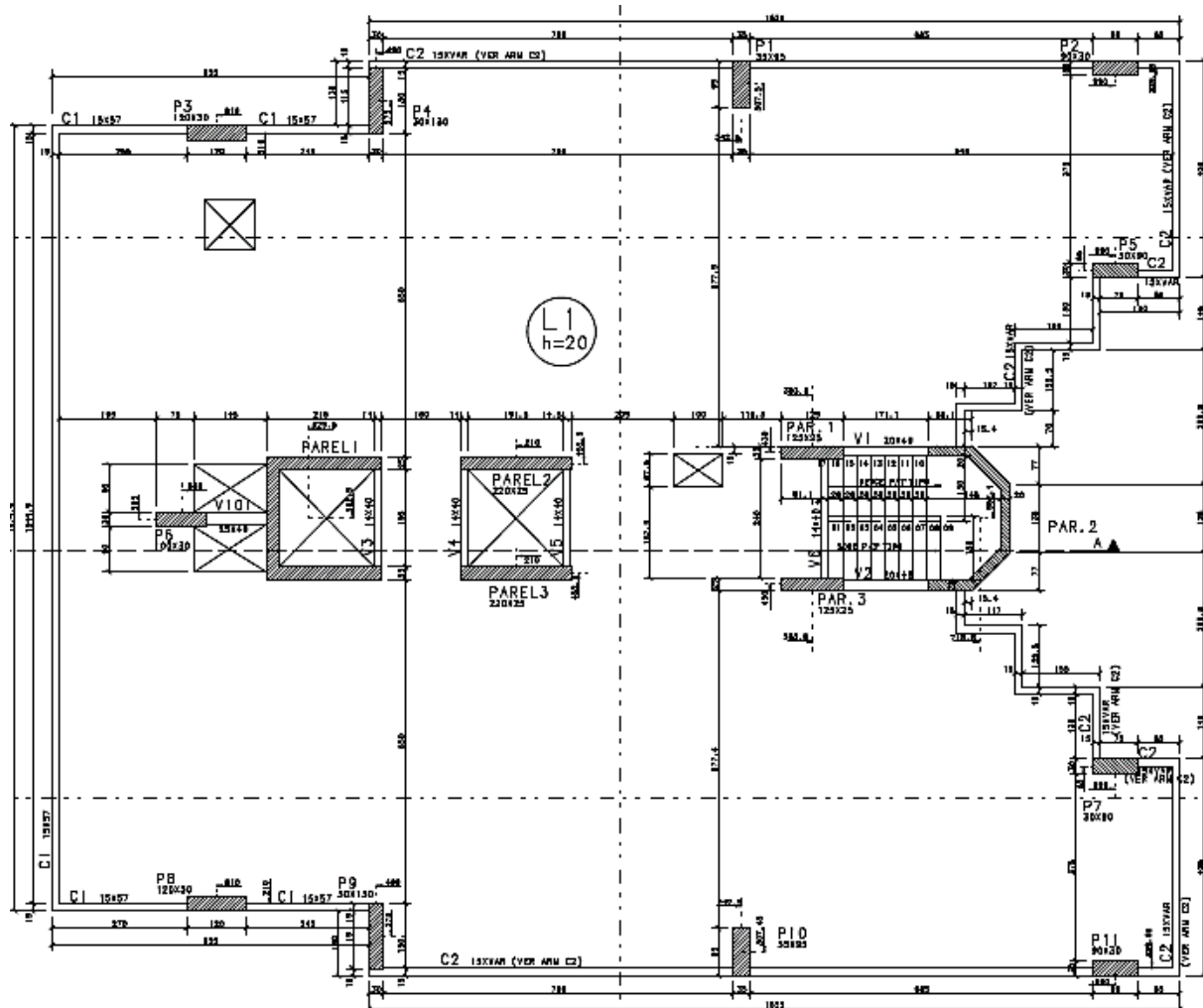
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 29 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 1º tipo.



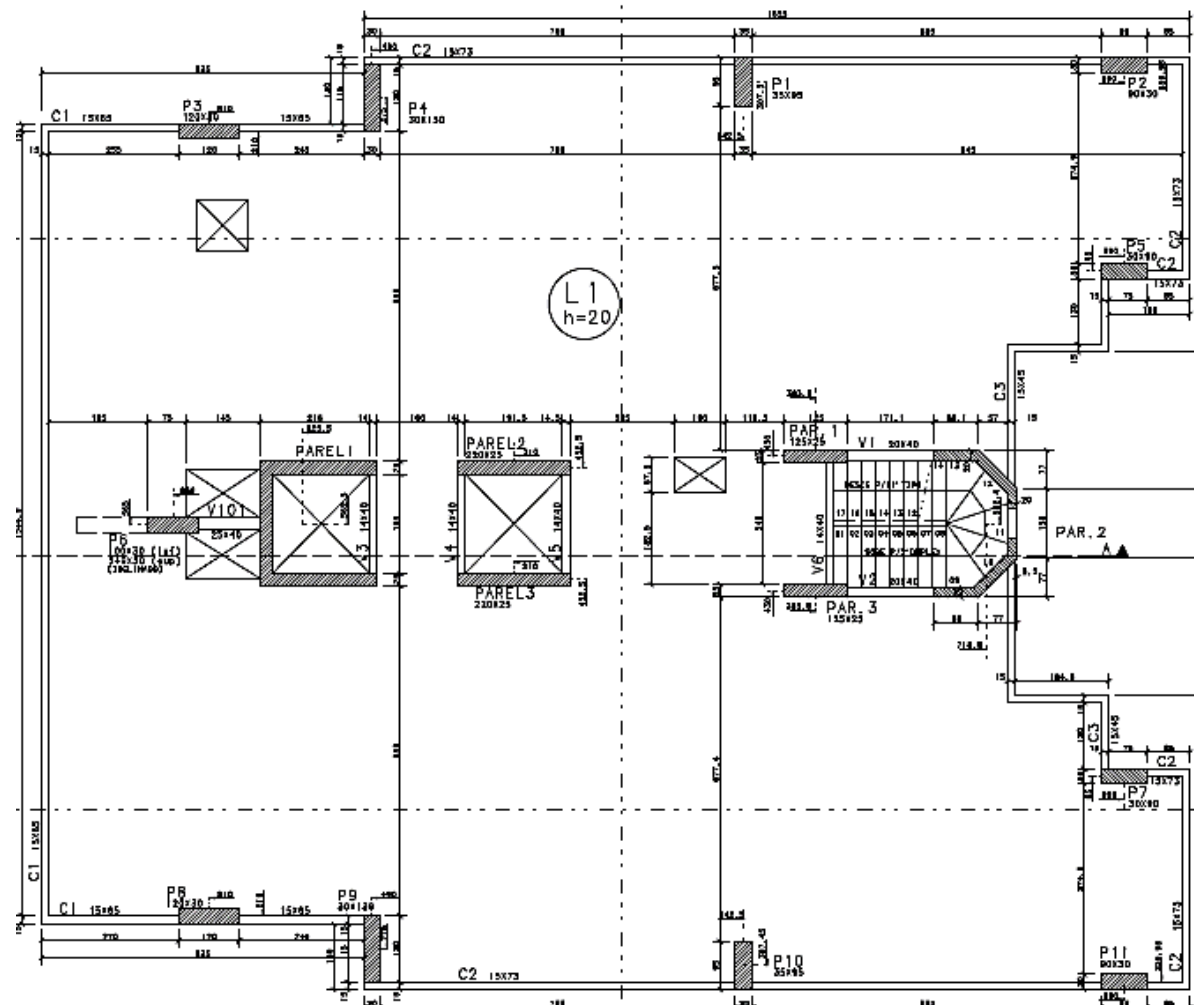
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 30 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento tipo.



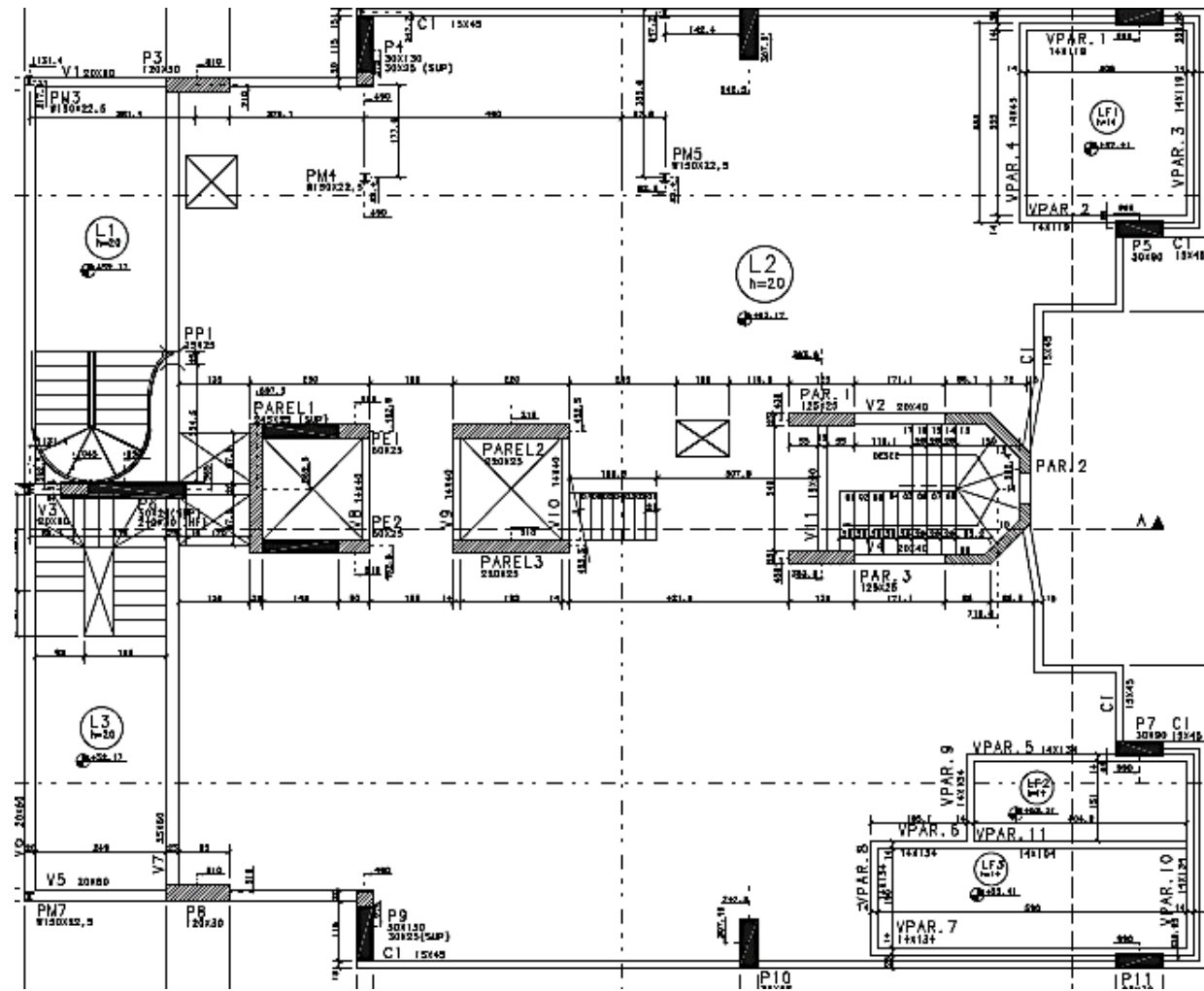
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 31 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 1º duplex.



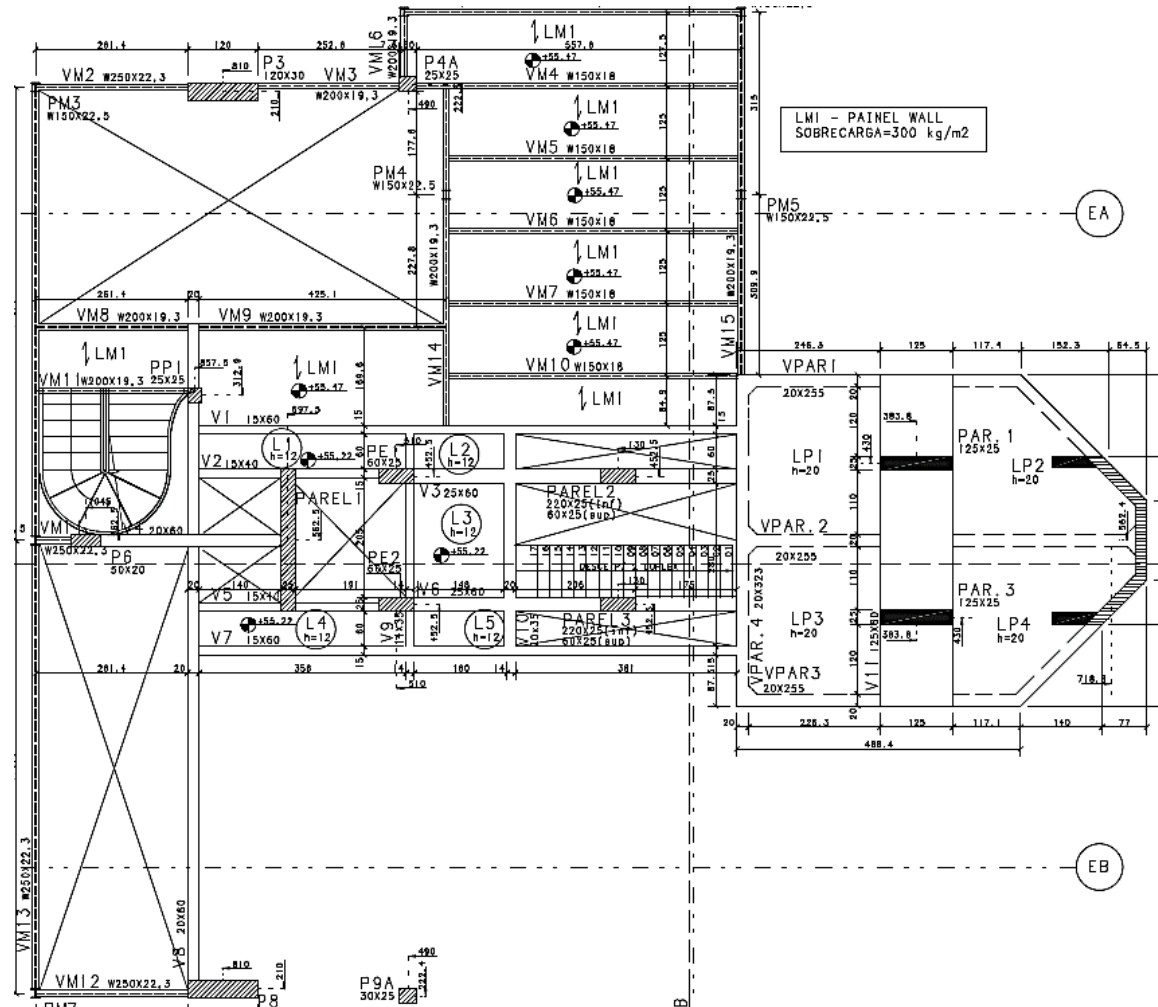
Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 32 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento 2º duplex.



Fonte: Construtora ABC, 2023.

Figura 33 – Planta baixa do Projeto Estrutural do pavimento caixa d'água.



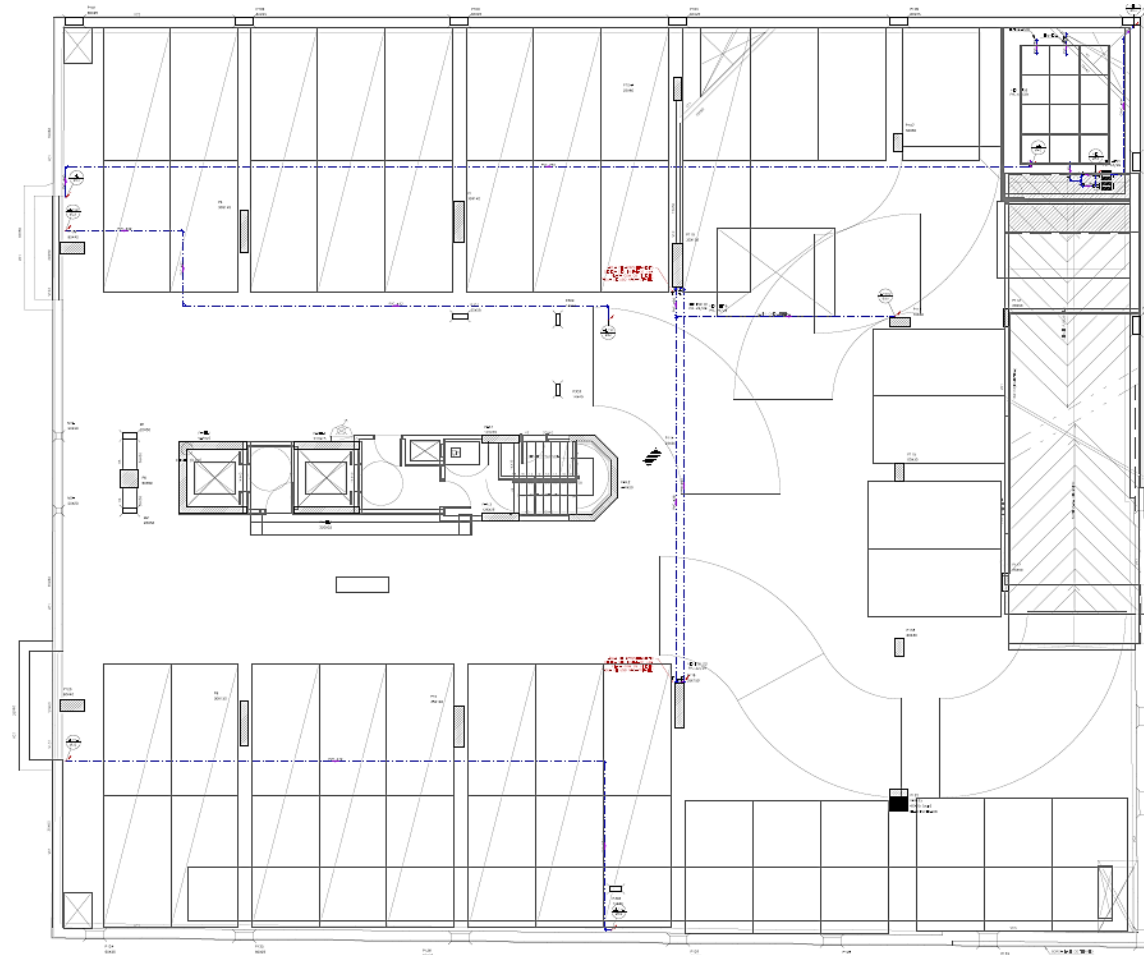
Fonte: Construtora ABC, 2023.

4.4 Projeto hidrossanitário

Com o recebimento das plantas baixas e dos modelos dos projetos arquitetônicos e estruturais, foi possível seguir com o desenvolvimento do projeto hidrossanitário. Esse processo consiste em diversas etapas, que começam com o estudo preliminar, onde é avaliado o posicionamento de shafts, casa de bombas e pré-dimensionamentos de reservatórios e caixas. No projeto básico é realizada toda a concepção e traçado. Nessa etapa é fundamental avaliar incompatibilidades para que haja uma troca com os demais projetistas.

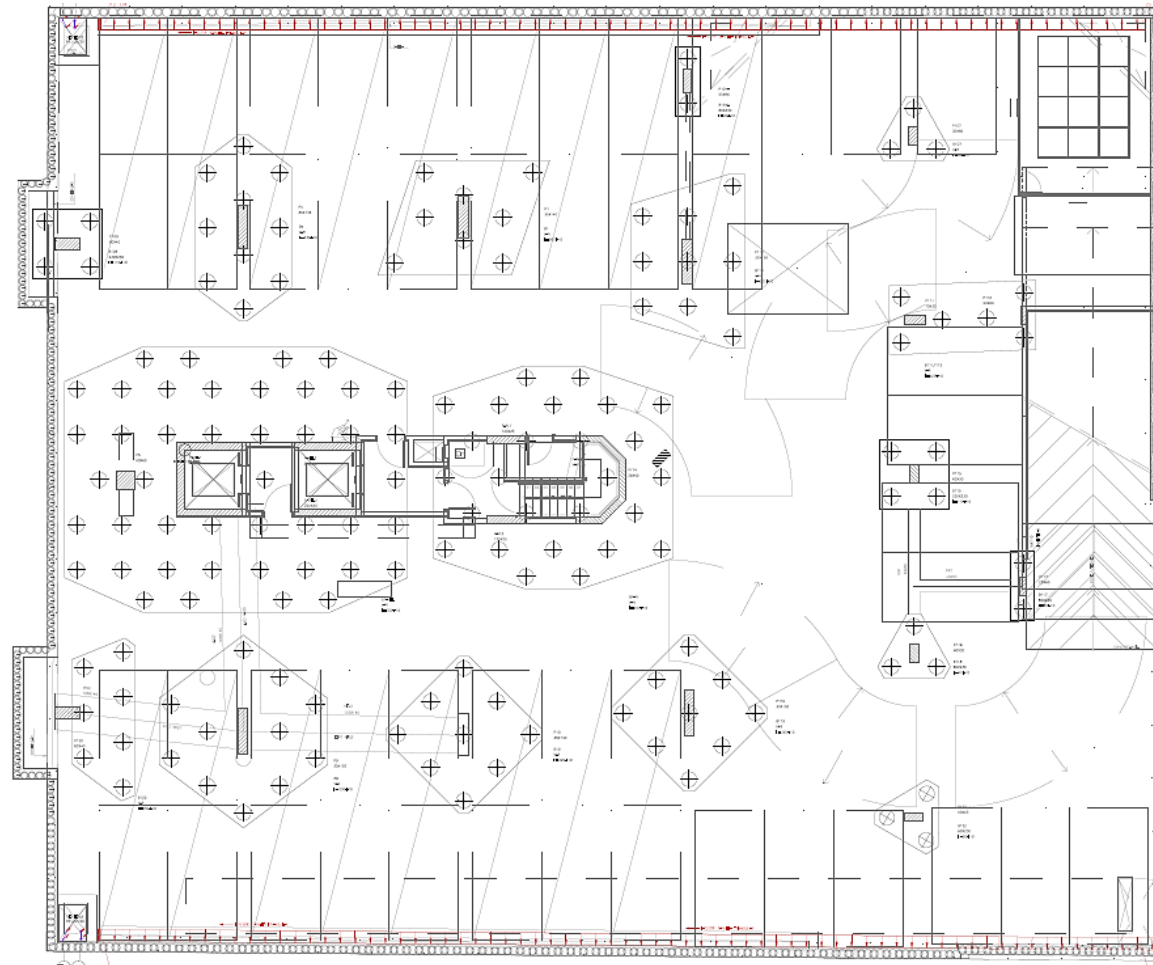
Para este estudo foi utilizado as plantas do projeto básico, nas figuras 34 à 53 é possível visualizar todas as plantas. Todas as pranchas estão na escala gráfica de 1:50.

Figura 34 – Projeto hidrossanitário pavimento subsolo- água fria.



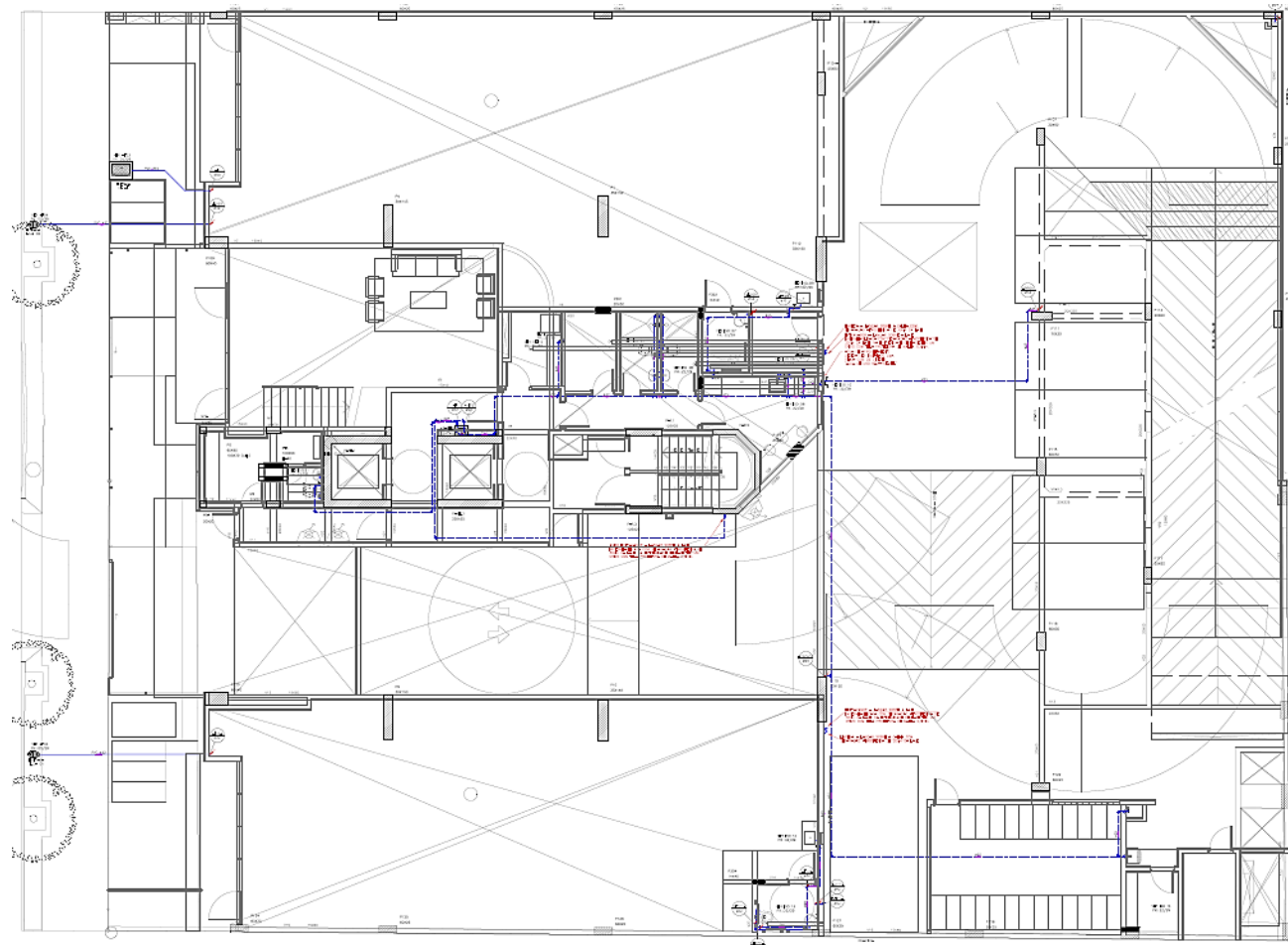
Fonte: Autora, 2023.

Figura 35 – Projeto hidrossanitário pavimento subsolo- água pluvial.



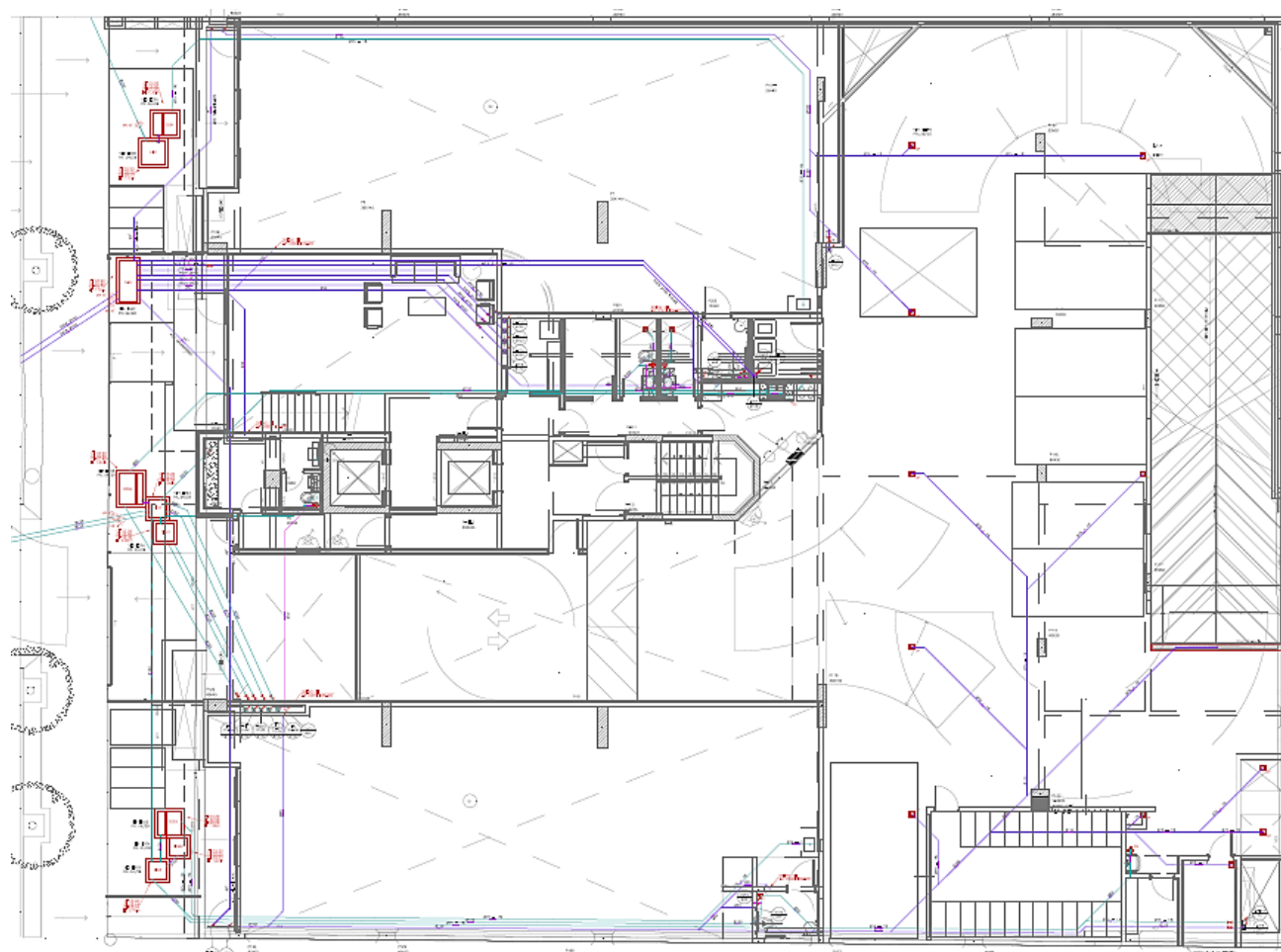
Fonte: Autora, 2023.

Figura 36 – Projeto hidrossanitário pavimento térreo- água fria.



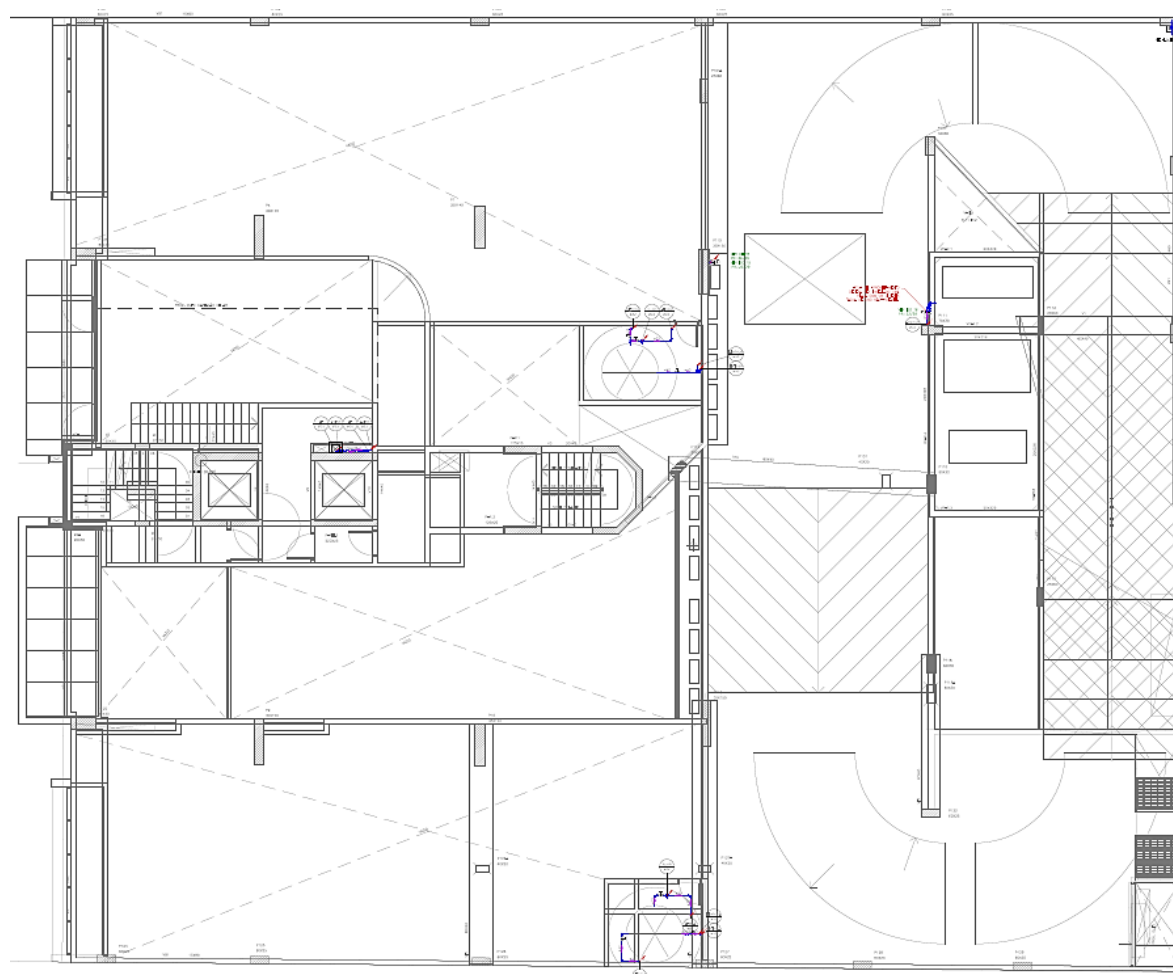
Fonte: Autora, 2023.

Figura 37 – Projeto hidrossanitário pavimento térreo- esgoto e água pluvial.



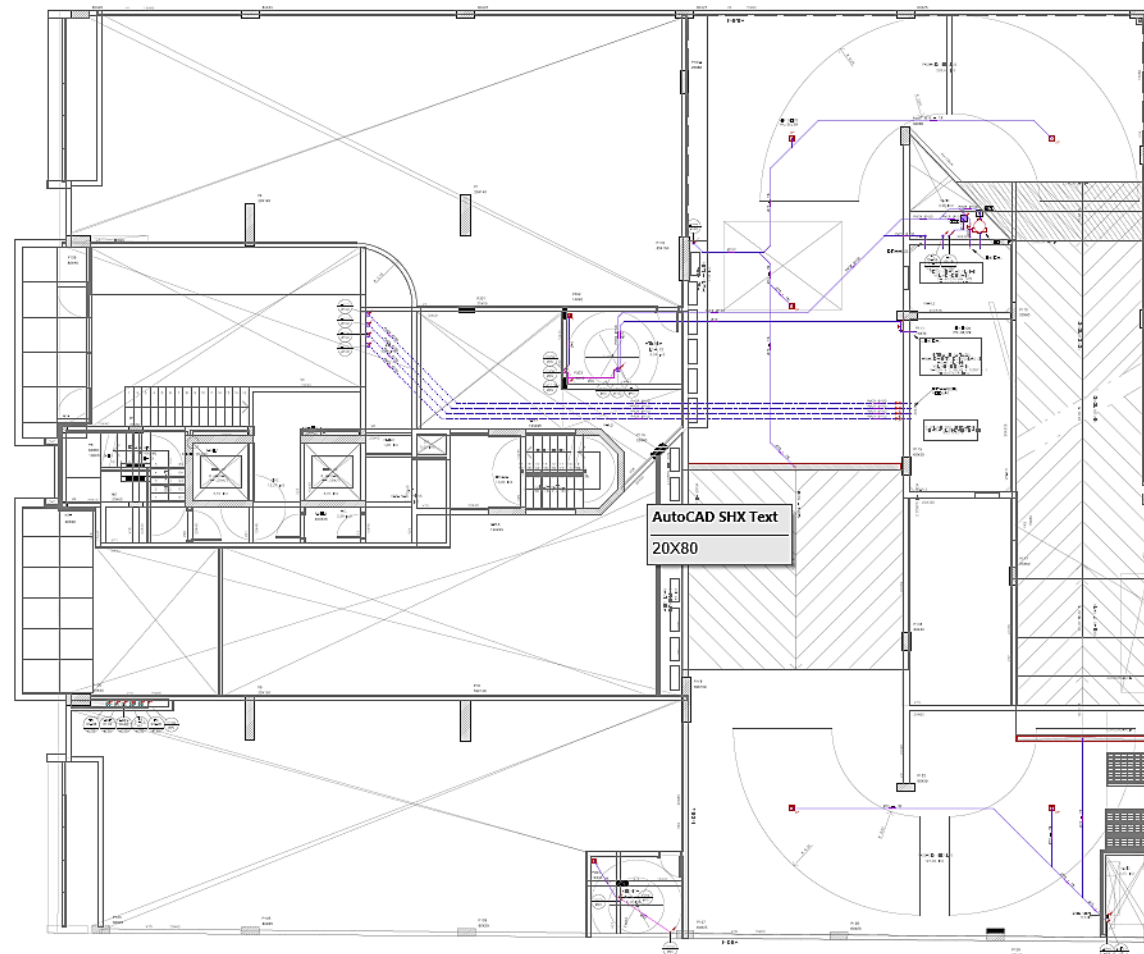
Fonte: Autora, 2023.

Figura 38 – Projeto hidrossanitário pavimento mezanino- água fria.



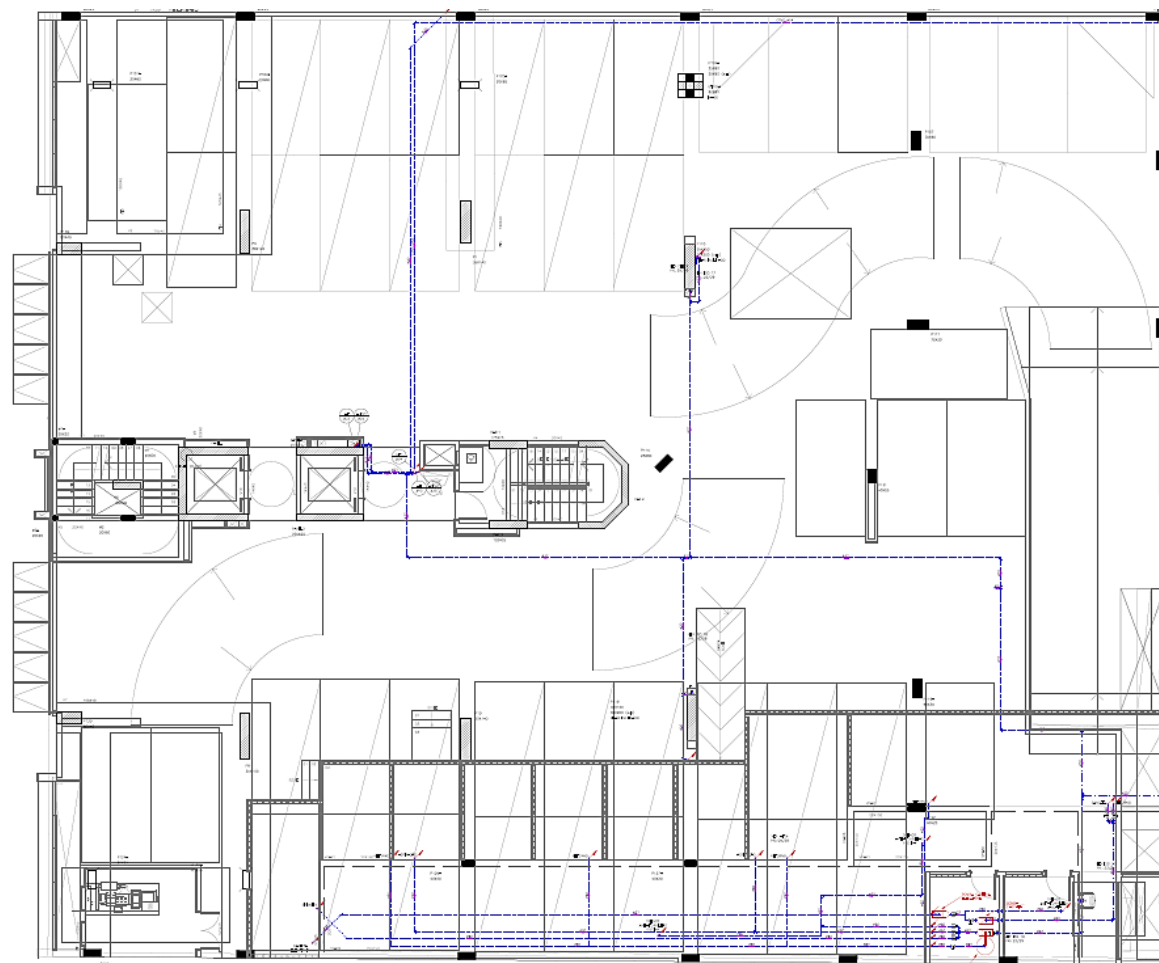
Fonte: Autora, 2023.

Figura 39 – Projeto hidrossanitário pavimento mezanino- esgoto e água pluvial.



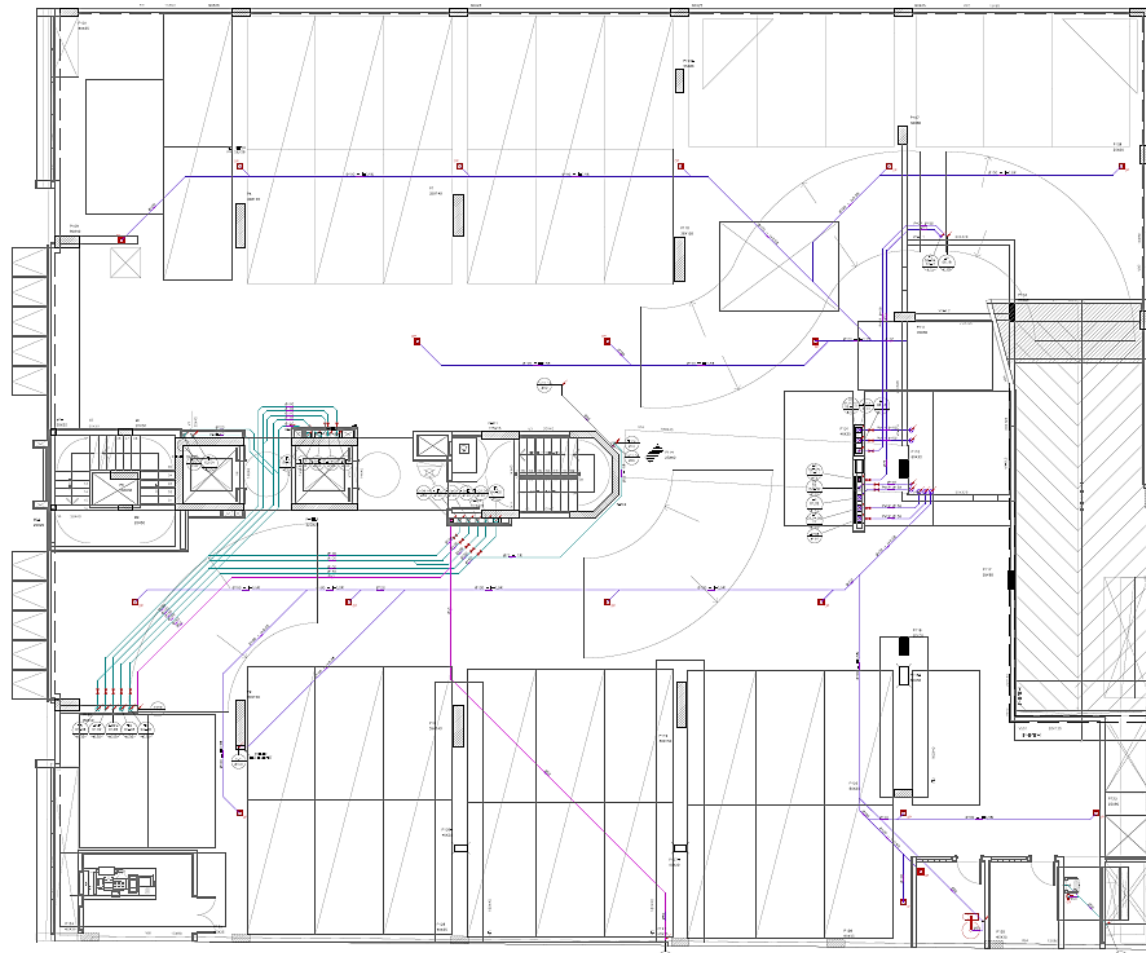
Fonte: Autora, 2023.

Figura 40 – Projeto hidrossanitário pavimento garagem- água fria.



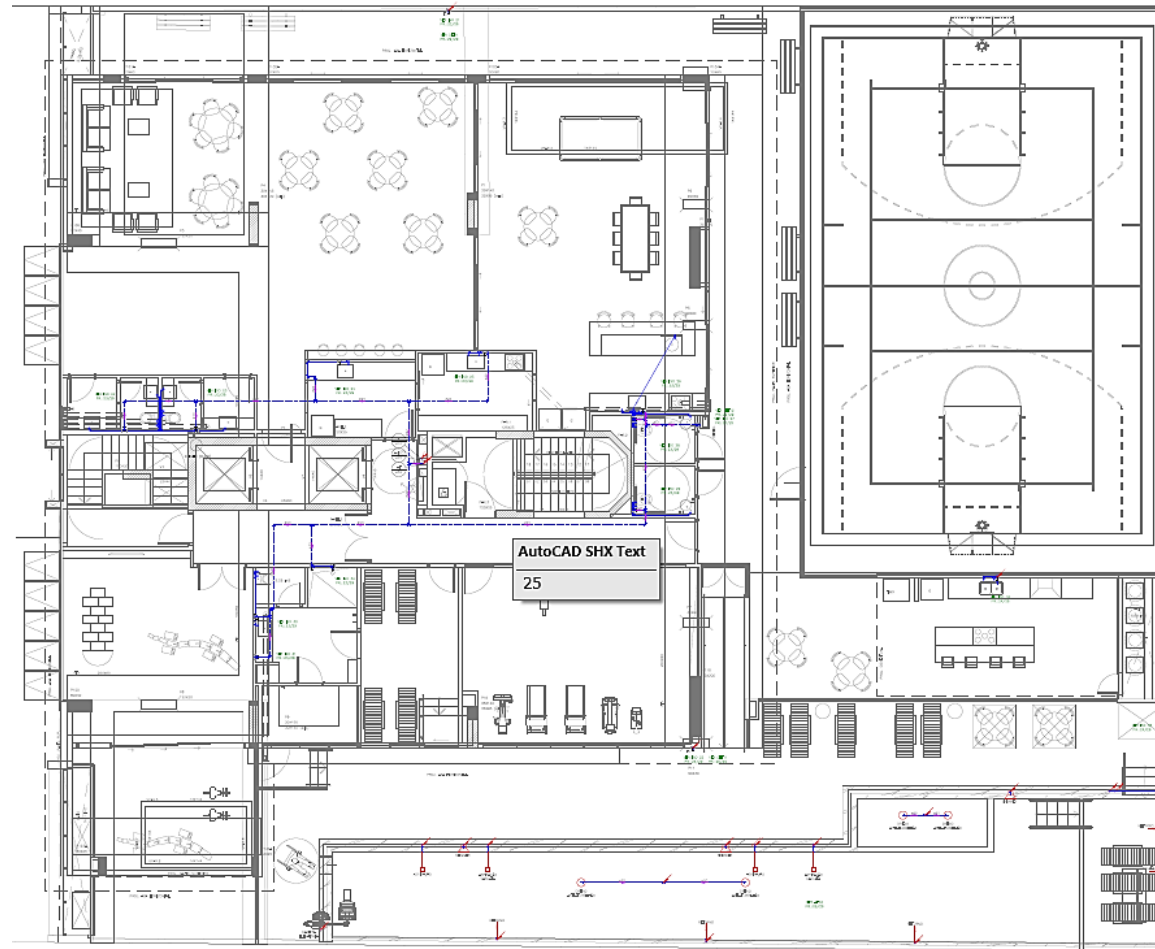
Fonte: Autora, 2023.

Figura 41 – Projeto hidrossanitário pavimento garagem- esgoto e água pluvial.



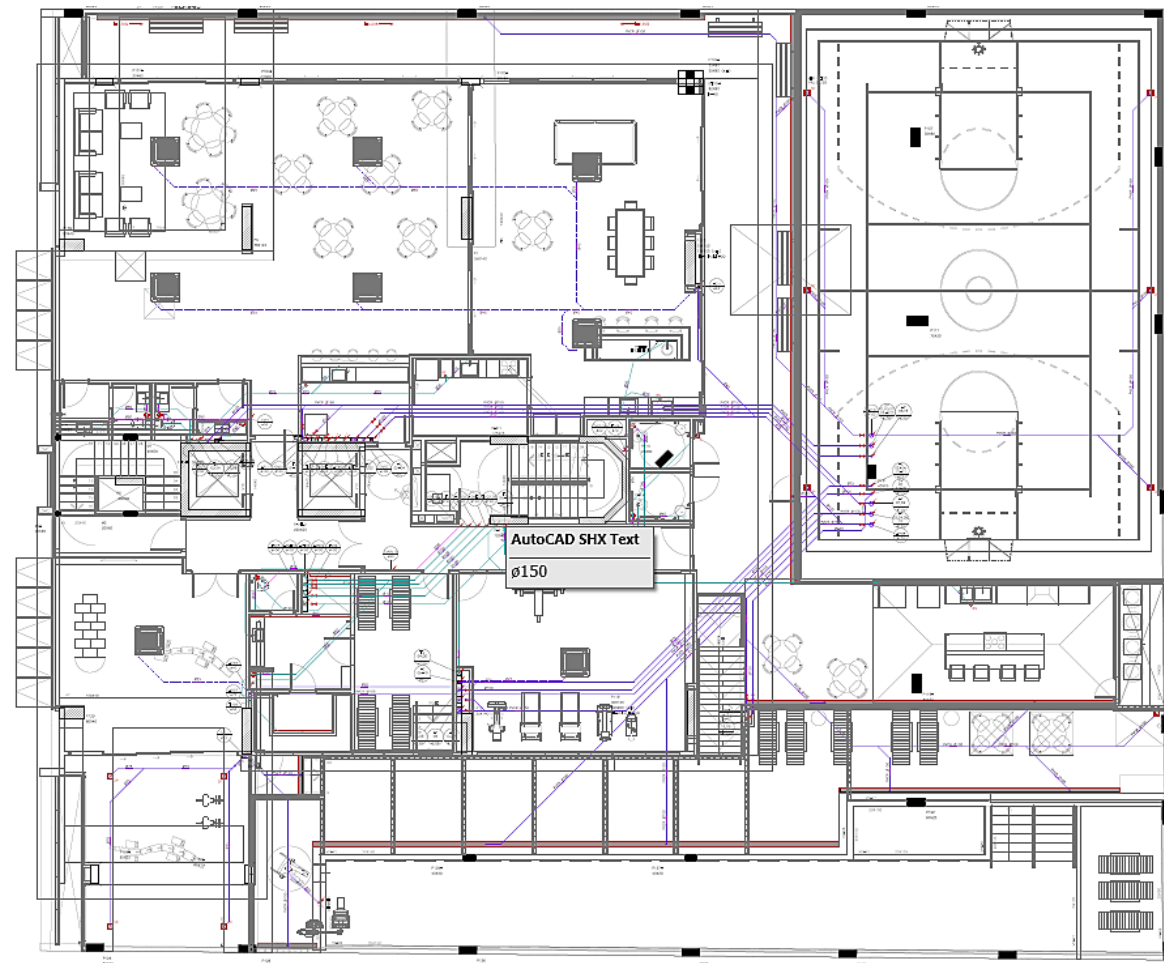
Fonte: Autora, 2023.

Figura 42 – Projeto hidrossanitário pavimento lazer- água fria.



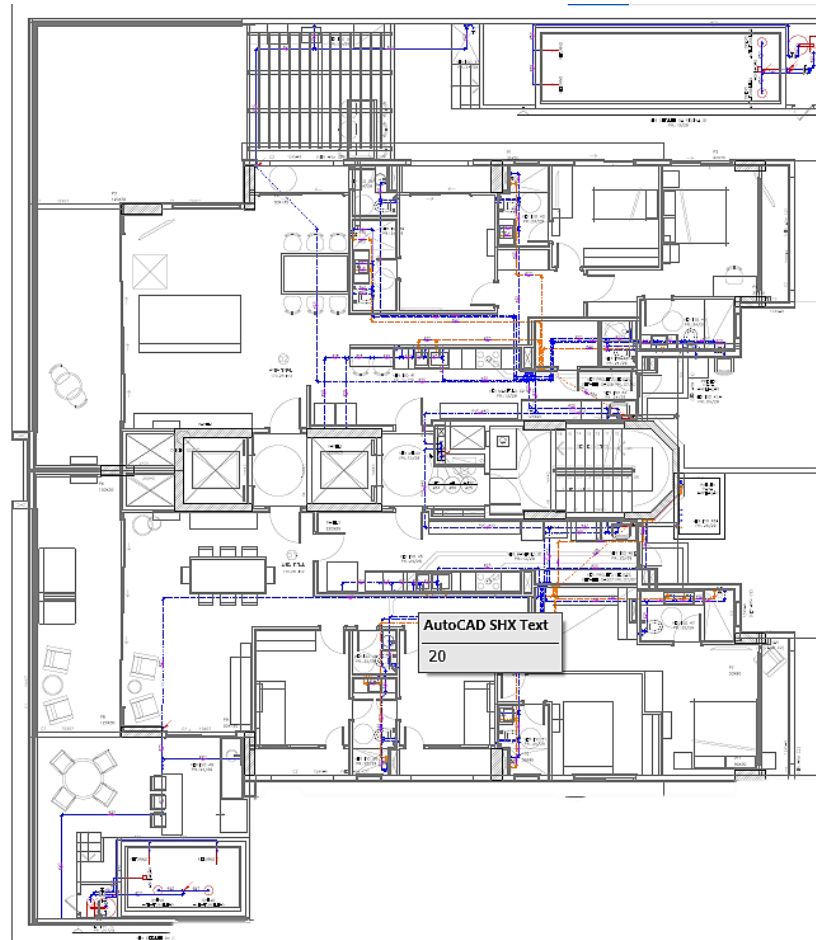
Fonte: Autora, 2023.

Figura 43 – Projeto hidrossanitário pavimento lazer- esgoto e água pluvial.



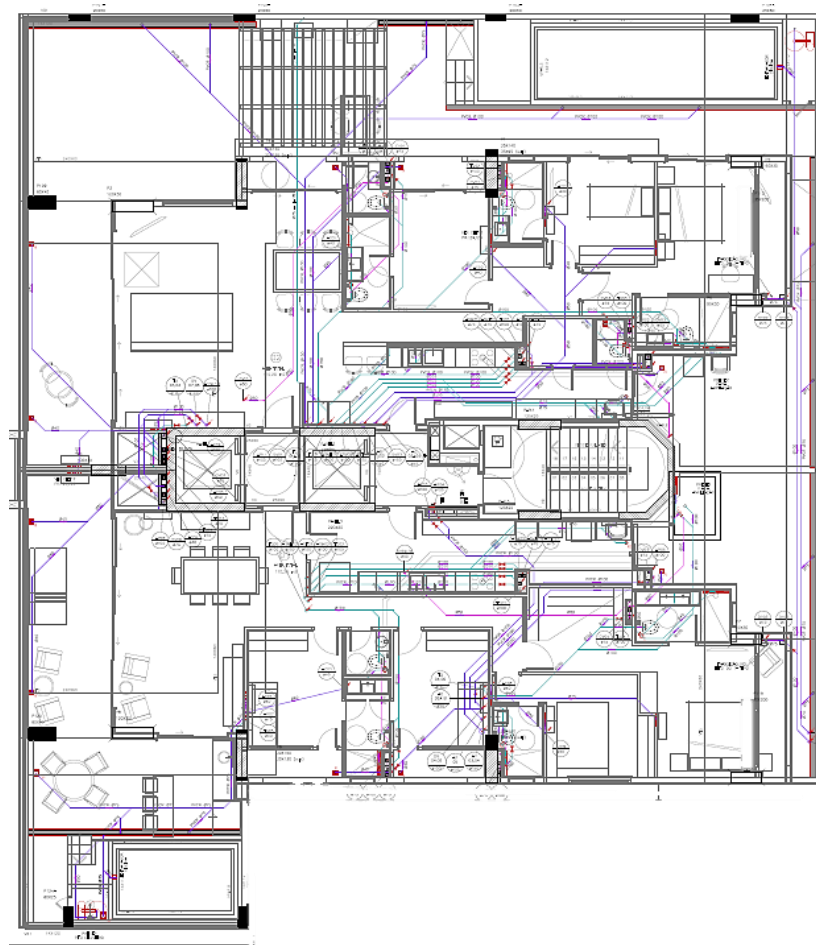
Fonte: Autora, 2023.

Figura 44 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º tipo- água fria e água quente.



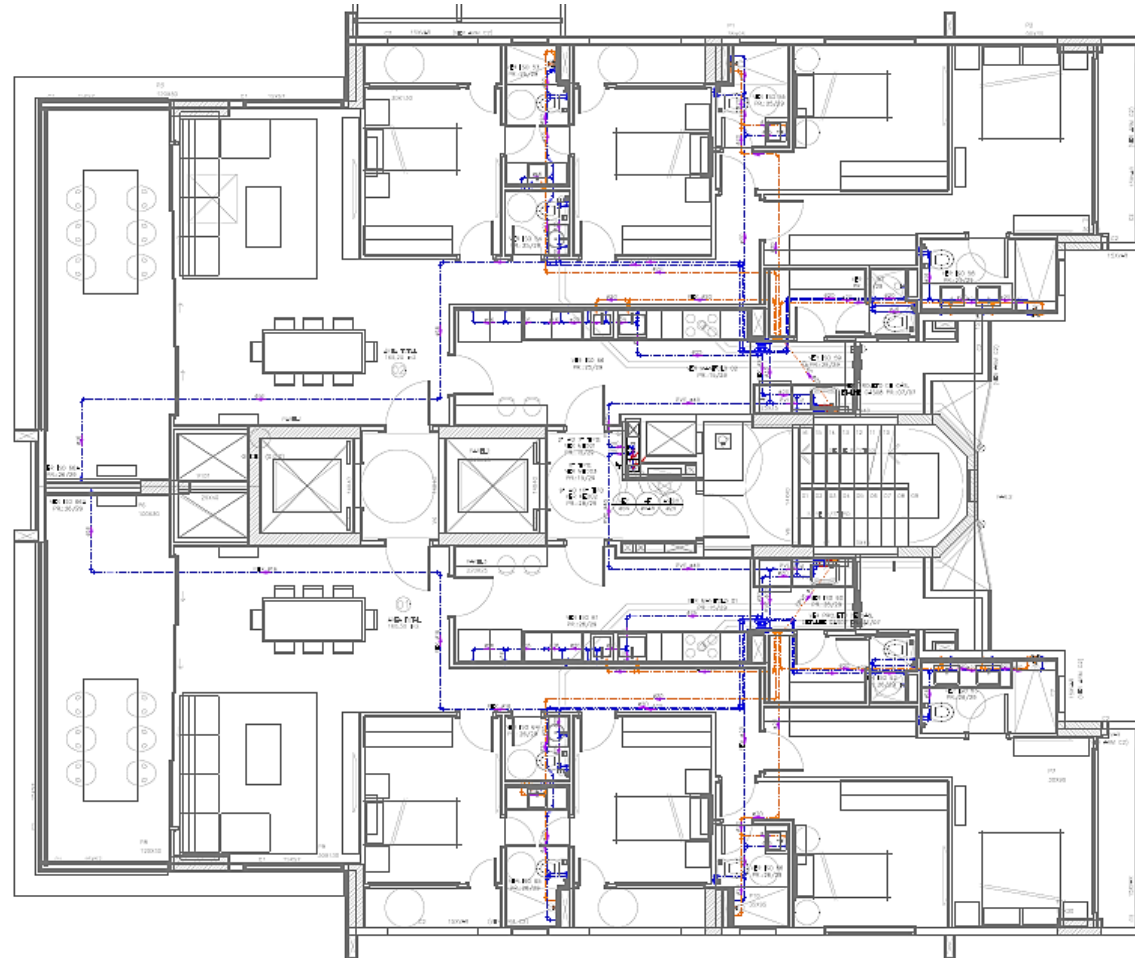
Fonte: Autora, 2023.

Figura 45 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º tipo- esgoto e água pluvial.



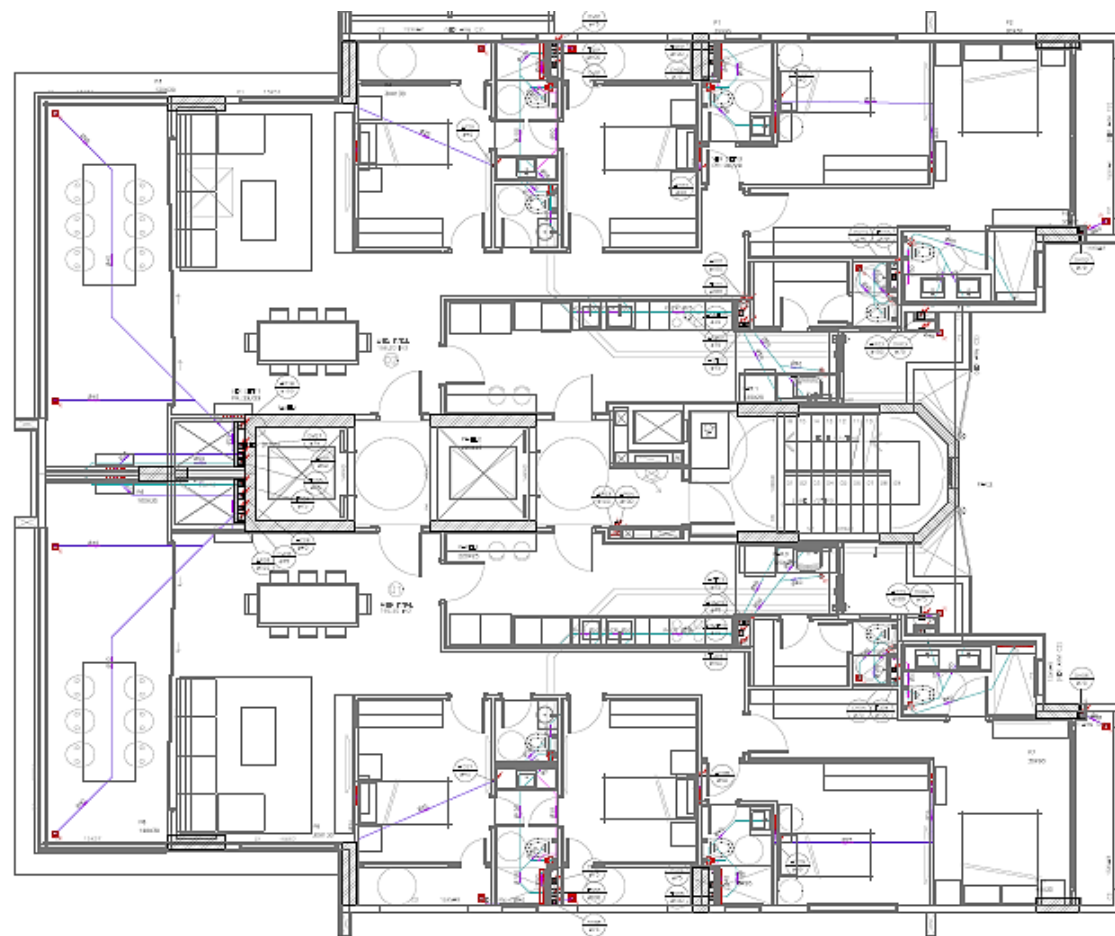
Fonte: Autora, 2023.

Figura 46 – Projeto hidrossanitário pavimento tipo- água fria e água quente.



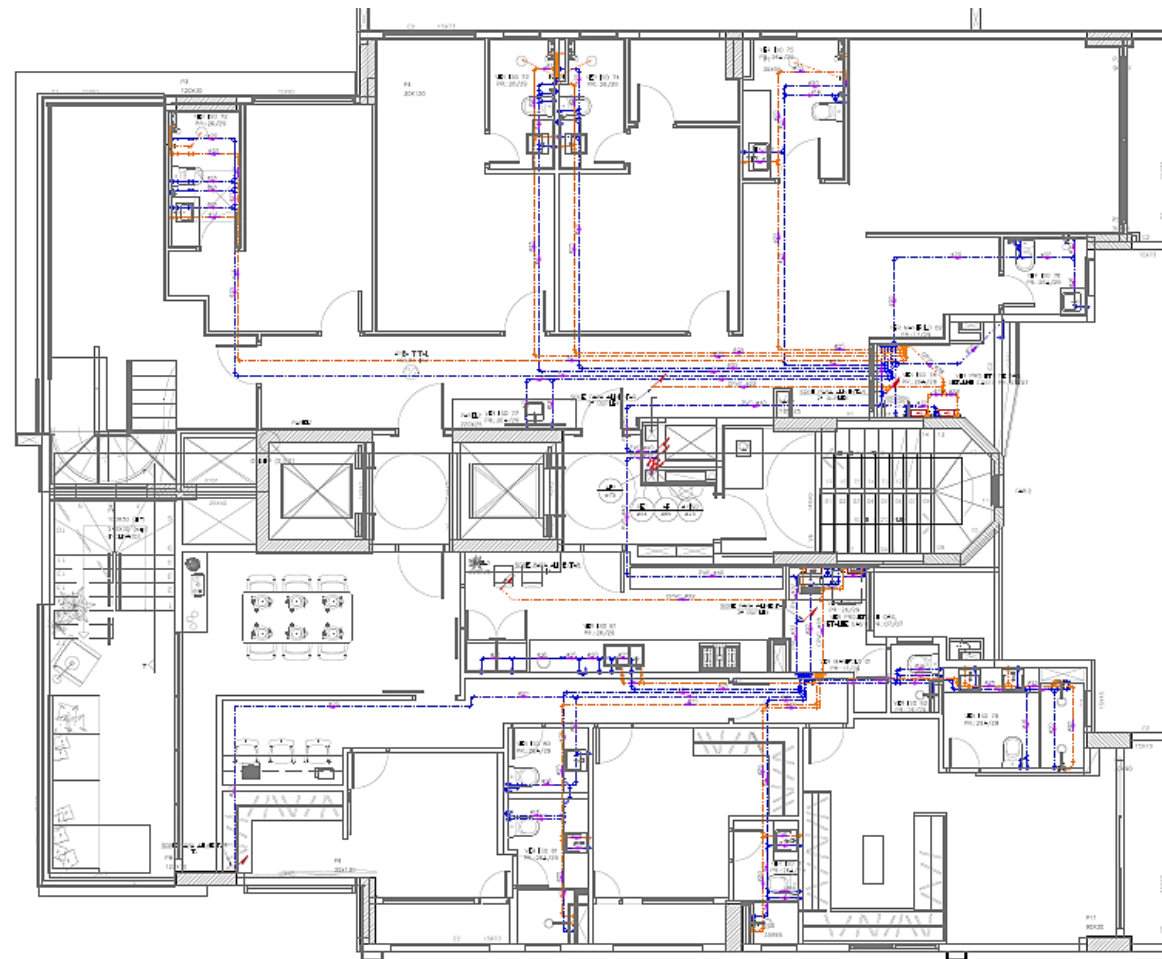
Fonte: Autora, 2023.

Figura 47 – Projeto hidrossanitário pavimento tipo- esgoto e água pluvial.



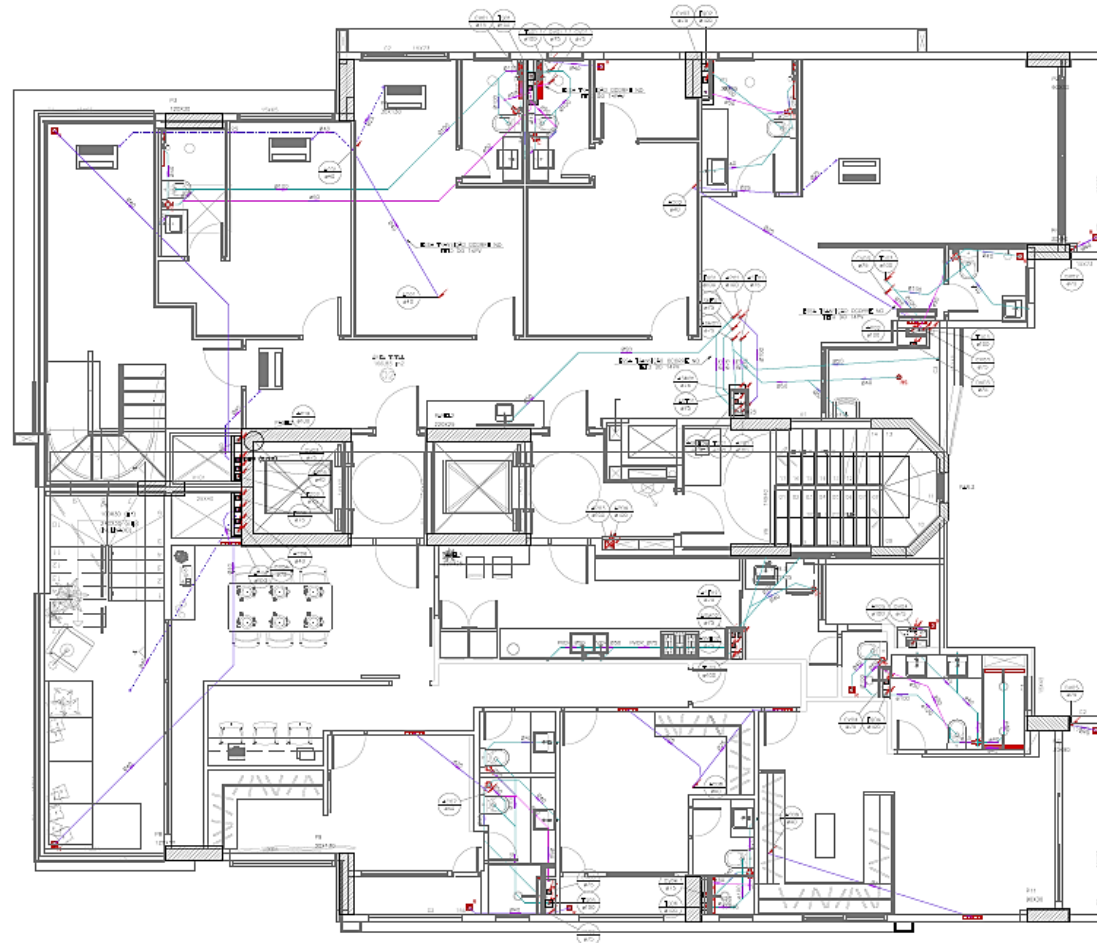
Fonte: Autora, 2023.

Figura 48 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º duplex- água fria e água quente.



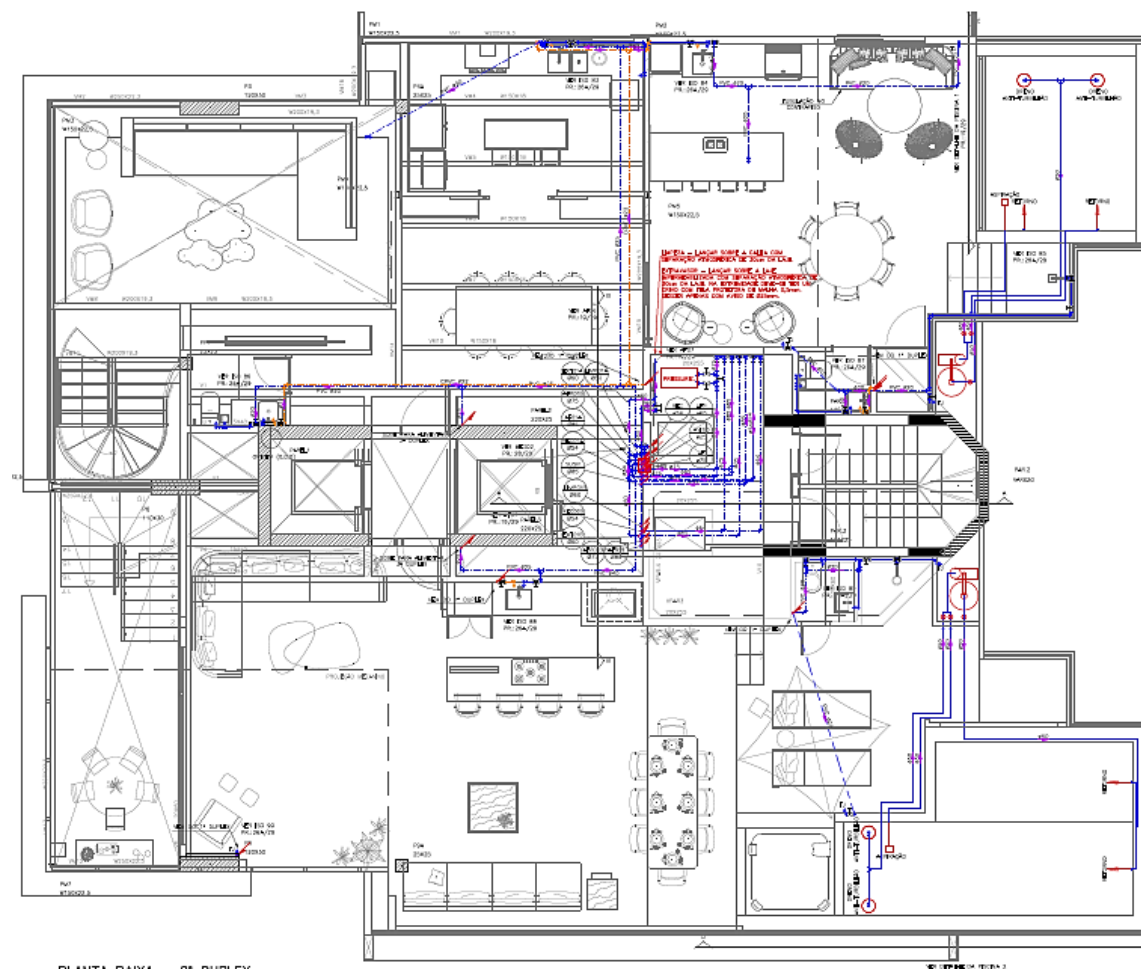
Fonte: Autora, 2023.

Figura 49 – Projeto hidrossanitário pavimento 1º duplex- esgoto e água pluvial.



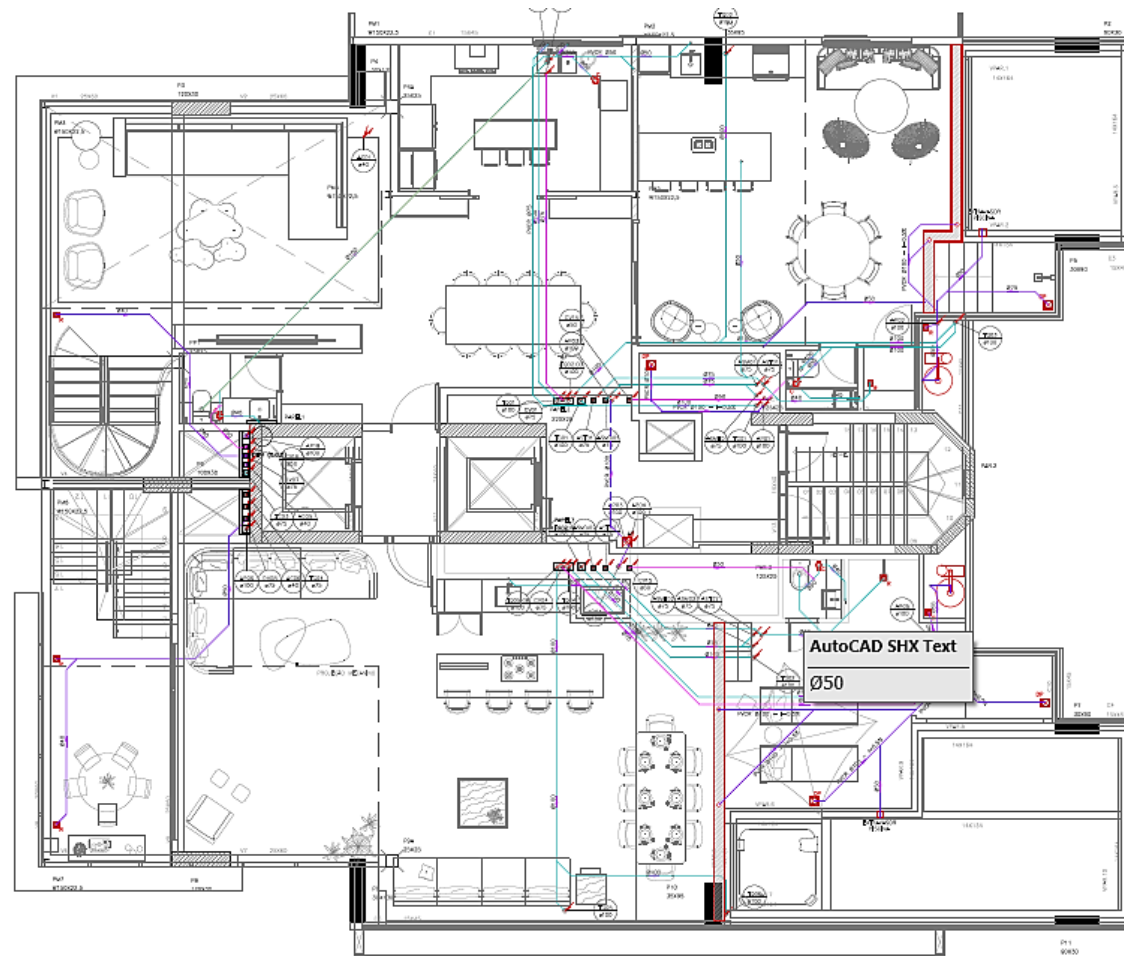
Fonte: Autora, 2023.

Figura 50 – Projeto hidrossanitário pavimento 2º duplex- água fria e água quente.



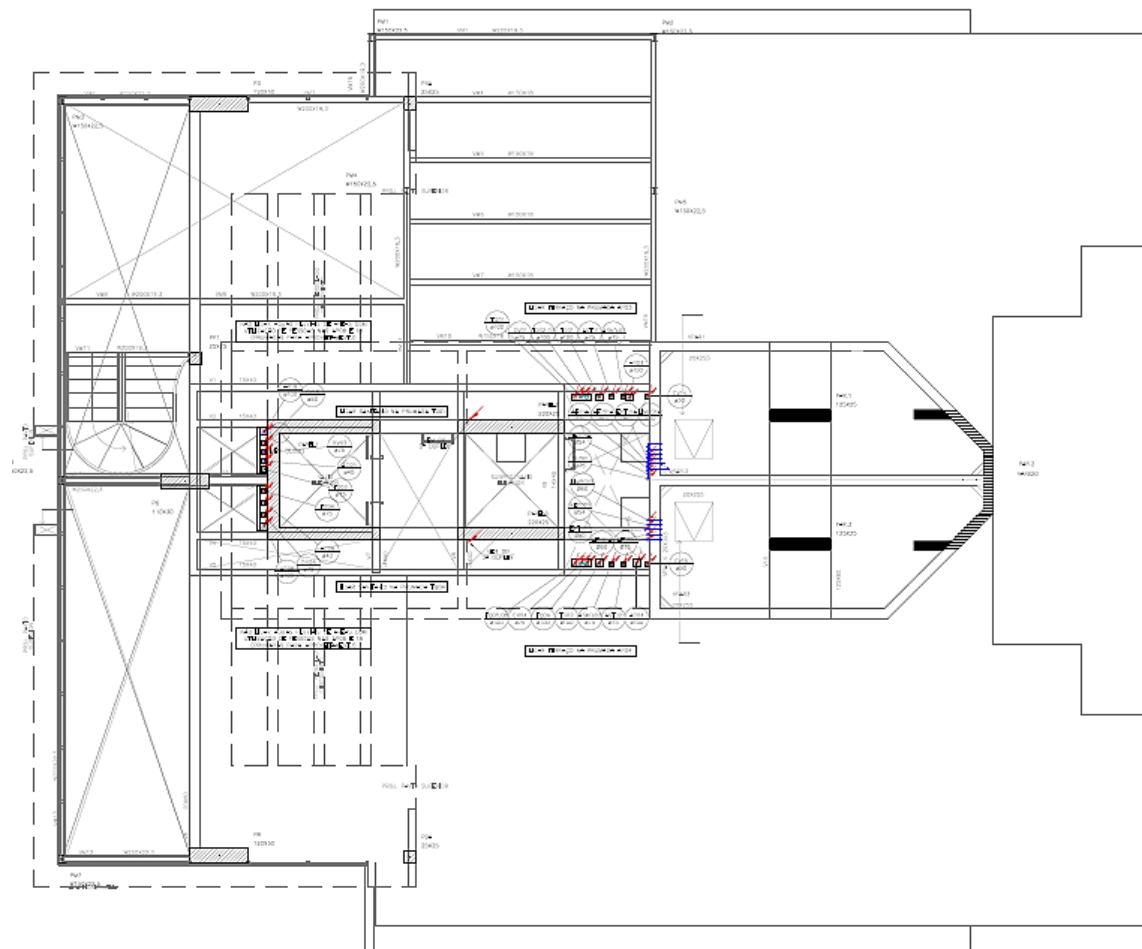
Fonte: Autora, 2023.

Figura 51 – Projeto hidrossanitário pavimento 2º duplex- esgoto e água pluvial.



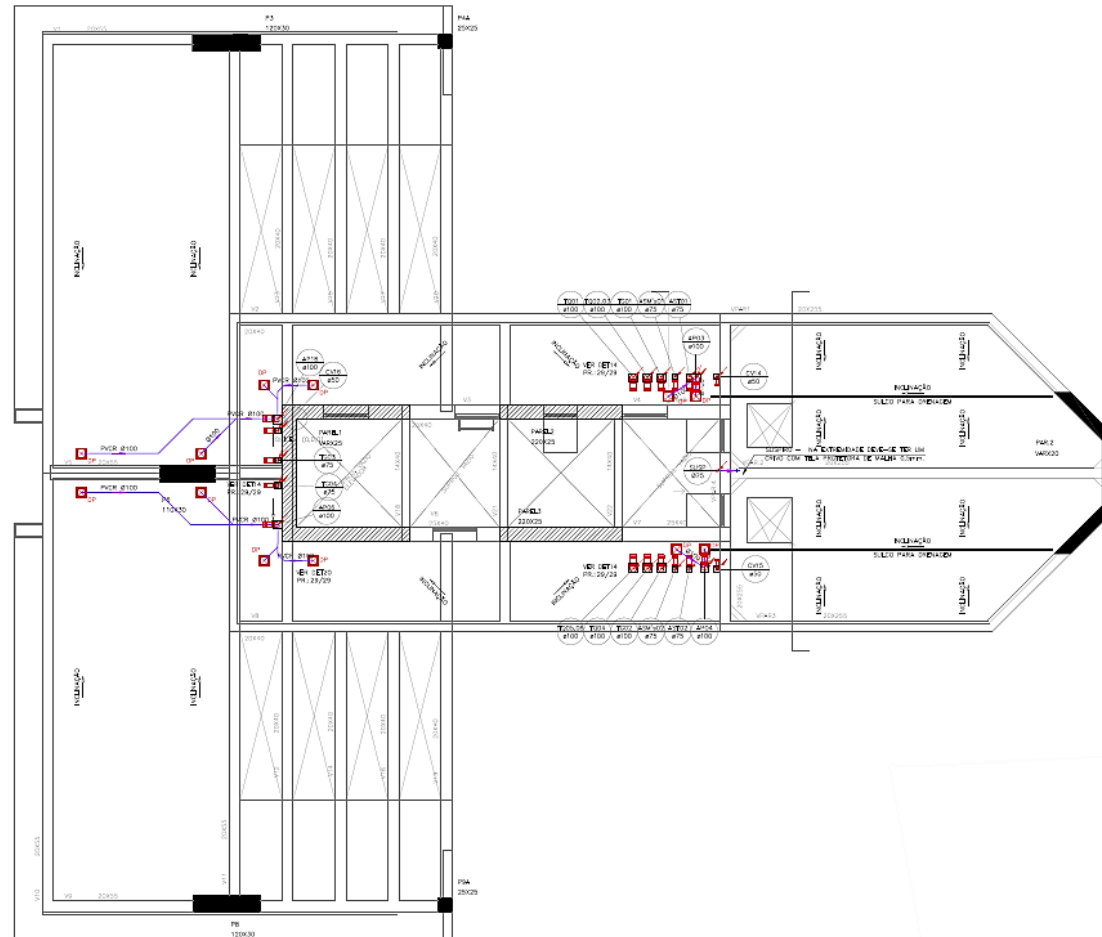
Fonte: Autora, 2023.

Figura 52 – Projeto hidrossanitário pavimento barrilete- água fria e esgoto.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 53 – Projeto hidrossanitário pavimento caixa d'água- água fria e esgoto.



Fonte: Autora, 2023.

Para que a análise de interferências fosse realizada com êxito e para demonstrar as possíveis falhas de compatibilidade entre os projetos, utilizou-se as plantas arquitetônicas e estruturais como base e foi importado para o software QiBuilder, para se realizar a modelagem do projeto hidrossanitário. É necessário fazer o lançamento de todos os aparelhos, conexões e tubos e a partir disso importar um modelo tridimensional no formato IFC. No capítulo a seguir, será demonstrada quais são as etapas até chegar ao resultado final para compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário.

4.5 Modelo tridimensional

A primeira etapa do presente trabalho consiste no recebimento da modelagem dos projetos arquitetônico e estrutural, que foram desenvolvidos por outros projetistas contratados pela empresa ABC. Nesse projeto, foi utilizado um único modelo para as disciplinas do projeto estrutural e arquitetônica. Nas figuras 54 à 57 é possível visualizar o modelo tridimensional das vistas do empreendimento.

Figura 54 – Modelo tridimensional vista frontal.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 55 – Modelo tridimensional vista lateral esquerda.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 56 – Modelo tridimensional vista posterior.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 57 – Modelo tridimensional vista lateral direita.

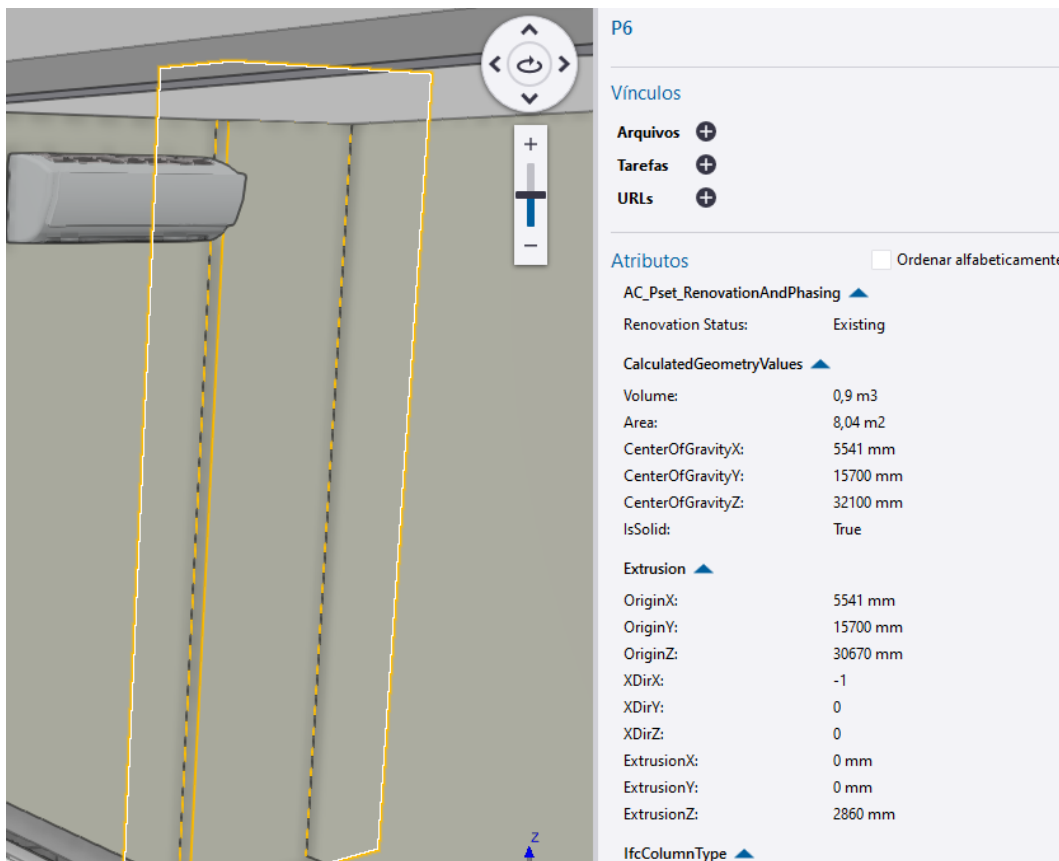


Fonte: Autora, 2023.

Como já dito anteriormente, o projeto estrutural foi modelado junto com o arquitetônico, na figura 58 é possível observar um pilar ao clicar sobre a estrutura. Com o duplo clique é possível identificar a numeração do pilar,

informações como volume, área e dimensões, facilitando, assim, a identificação dos outros projetistas do projeto.

Figura 58 – Modelo estrutural embutido no arquitetônico.



Fonte: Autora, 2023.

Para a modelagem do projeto hidrossanitário foi utilizado o software Autocad e QiBuilder. Para isso, foram disponibilizados, por parte da construtora, os projetos em modelo CAD das disciplinas estruturais e arquitetônicas.

Inicialmente, foram desenvolvidos estudos básicos com volumetria e pré-dimensionamento e realizado projetos bidimensionais originais em DWG, importados para o QiBuilder, para facilitar a modelagem tridimensional. Em cada um deles foi utilizada a versão final do projeto básico, utilizado na execução.

Foi necessário fazer a modelagem individual das plantas, realizando cada pavimento por partes, por se tratar de uma disciplina com grau de informações relativamente alto.

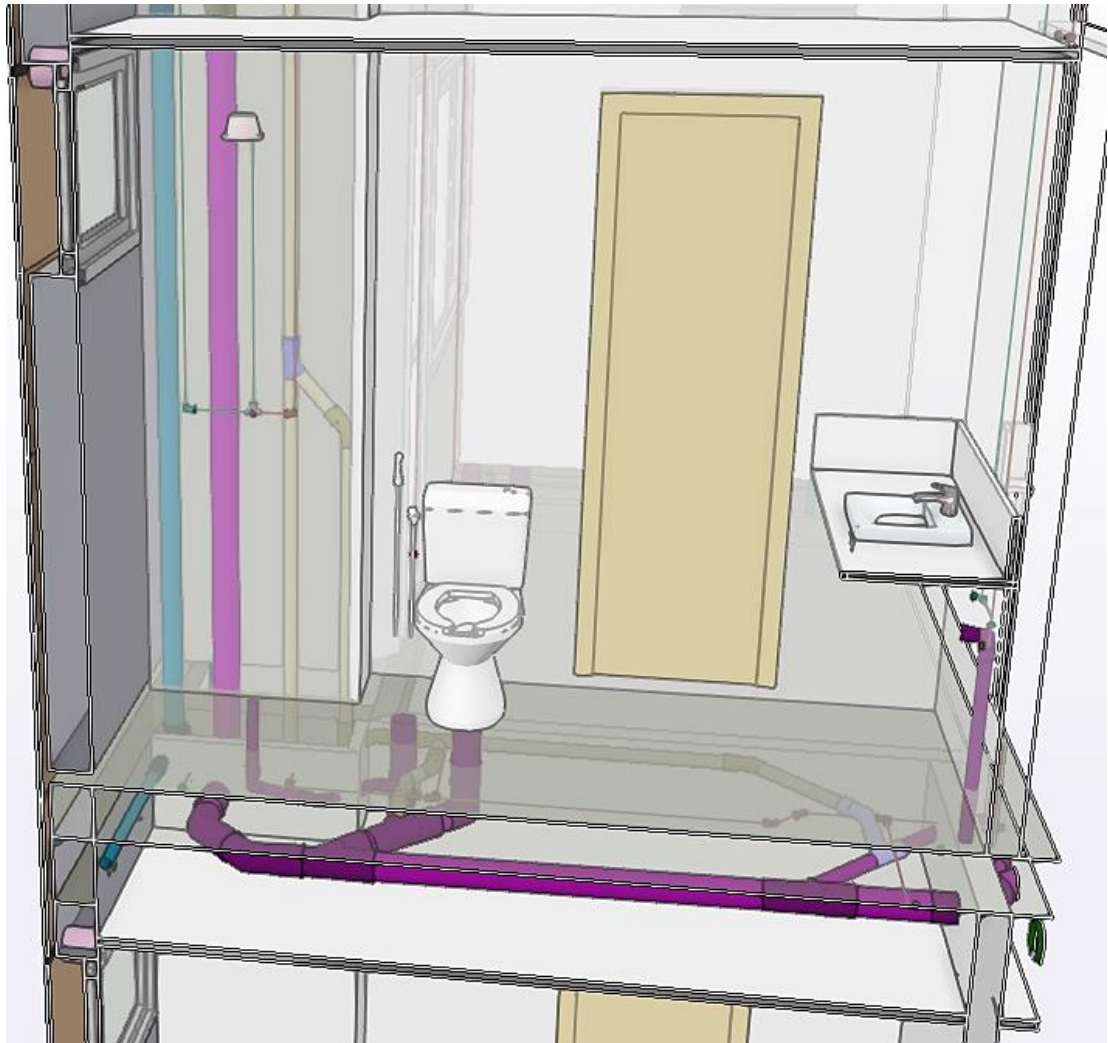
Dentre as vantagens do uso do software QiBuilder para a elaboração dos projetos tem-se a disponibilidade de bibliotecas de peças/materiais, além de ser possível adicionar novas peças, bem como auxilia na verificação de dimensionamento dos projetos, sendo possível detectar peças não conectadas, além de subdimensionamento ou superdimensionamento das redes de distribuição.

Após a estrutura ser lançada no software Alto QiBuilder, posteriormente foi exportado para o software Trimble, onde visualizou-se todos os sistemas integrantes de uma edificação.

As cores utilizadas para as tubulações foram: roxo para esgoto sanitário, bege para ventilação do sistema de esgoto, azul para águas pluviais, marrom para água fria, verde para água quente e azul claro para o sistema de recalque/alimentação. Assim, fica mais fácil a identificação de qual sistema está em conflito e identificá-la dentro do projeto.

A modelagem normalmente é realizada de acordo com os ambientes. Na figura 59 é possível observar o modelo tridimensional do banheiro, as tubulações de esgoto, na cor roxo, conectadas com o vaso sanitário, lavatório, ralo e caixa sifonada. É também visualizado um shaft a esquerda da imagem, que é uma abertura vertical na alvenaria por onde passam as instalações essenciais em qualquer construção, isto é, tubulações hidráulicas, elétricas, pluviais ou até mesmo de ar condicionado. Nesse caso, está passando uma prumada de esgoto, água pluvial e a ventilação do esgoto. Além disso, também pode-se observar as tubulações de água fria e água quente (em marrom e verde, respectivamente) abastecendo os aparelhos e como as ligações de esgoto de um pavimento está diretamente relacionado com a rede de água do pavimento abaixo.

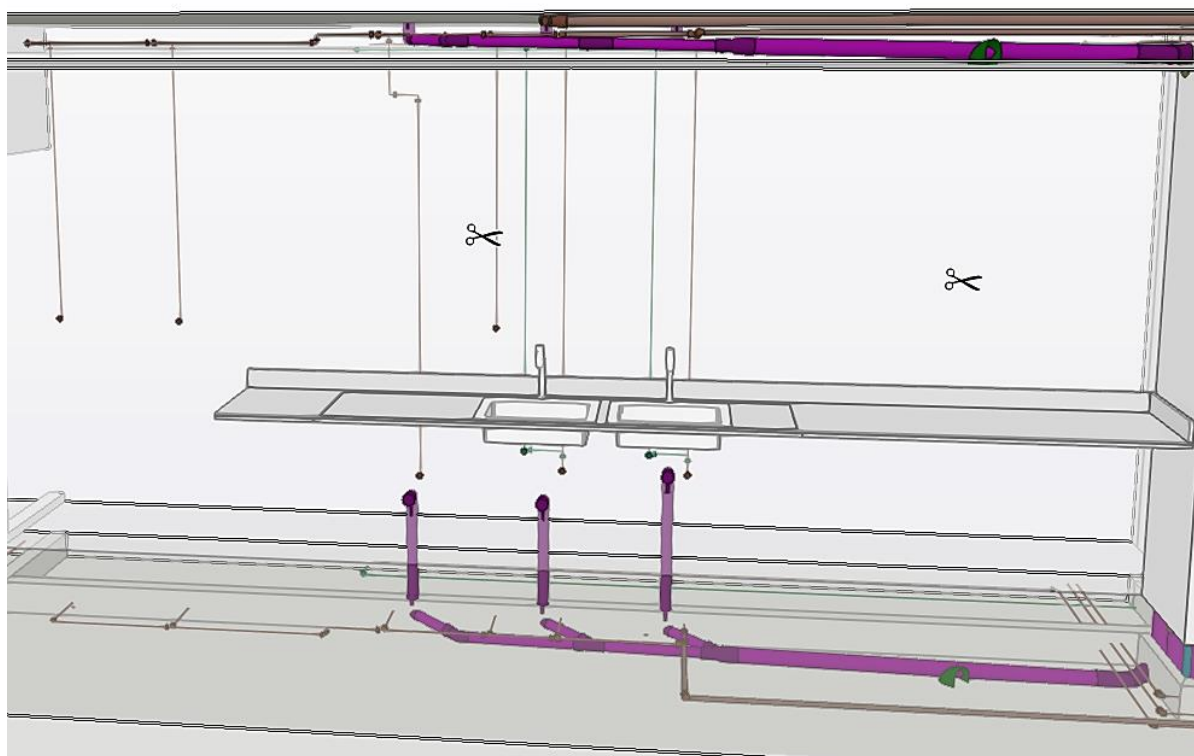
Figura 59 – Modelo tridimensional do banheiro.



Fonte: Autora, 2023.

Na figura 60 é possível observar o modelo tridimensional da cozinha, as tubulações de esgoto, na cor roxo, conectadas em duas pias e uma máquina de lavar louça a esquerda. As tubulações caminham até se conectar em um shaft a direita. Além disso, também pode-se observar as tubulações de água fria e água quente abastecendo os aparelhos, como as pias, filtro, máquina de lavar louça e dois pontos de geladeira.

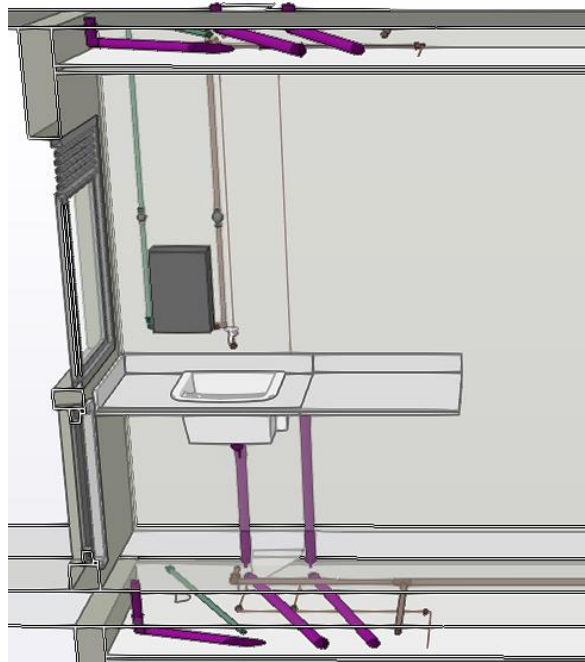
Figura 60 – Modelo tridimensional da cozinha.



Fonte: Autora, 2023.

Na figura 61 é possível observar o modelo tridimensional da área de serviço, as tubulações de esgoto, na cor roxo, conectadas em dois tanques e um ralo. Também pode-se ver as tubulações de água fria e água quente abastecendo o aquecedor de passagem, o tanque e a máquina de lavar roupas.

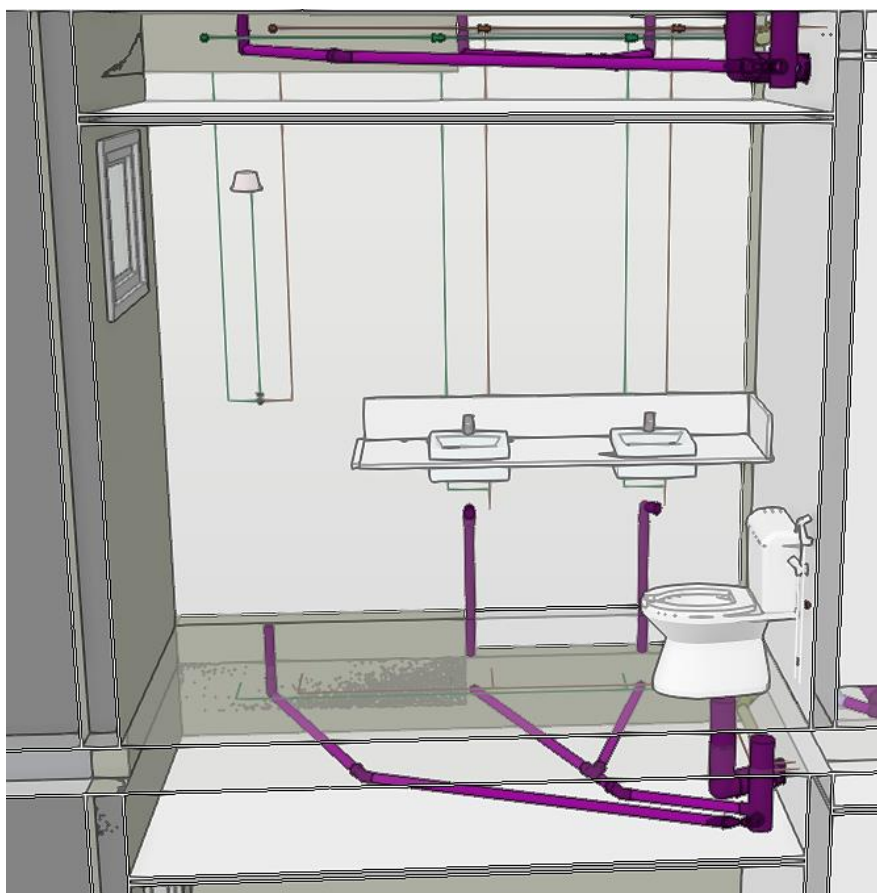
Figura 61 – Modelo tridimensional da área de serviço.



Fonte: Autora, 2023.

Na figura 62 é possível observar o modelo tridimensional do banheiro da suíte, as tubulações de esgoto, na cor roxo, conectadas em dois lavatórios, um ralo, um vaso sanitário e na caixa sifonada. Também pode-se ver as tubulações de água fria e água quente abastecendo o chuveiro e os lavatórios.

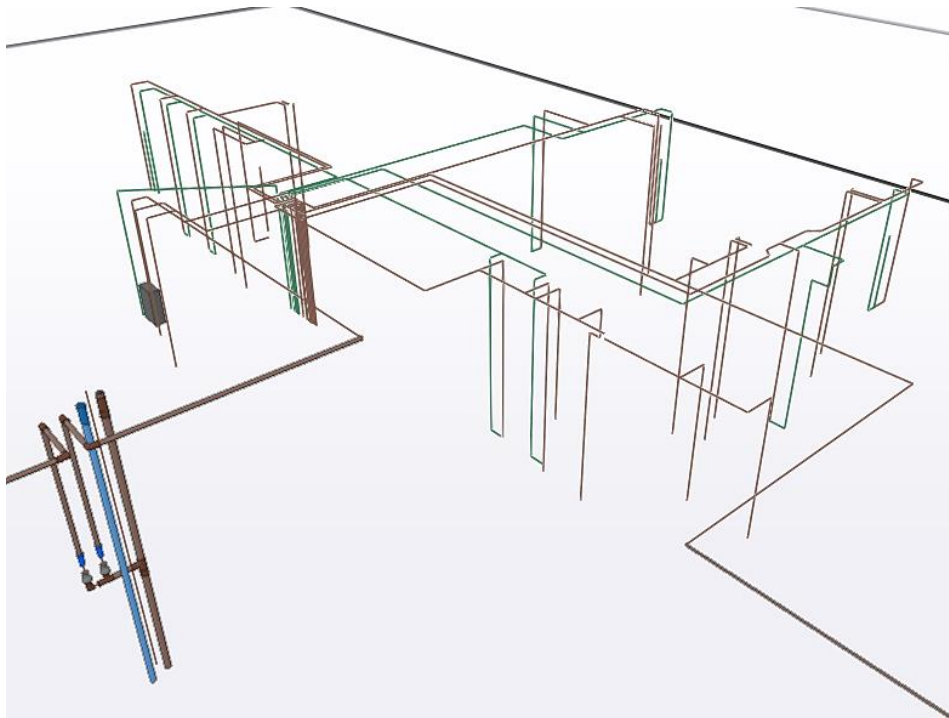
Figura 62 – Modelo tridimensional do banheiro da suíte.



Fonte: Autora, 2023.

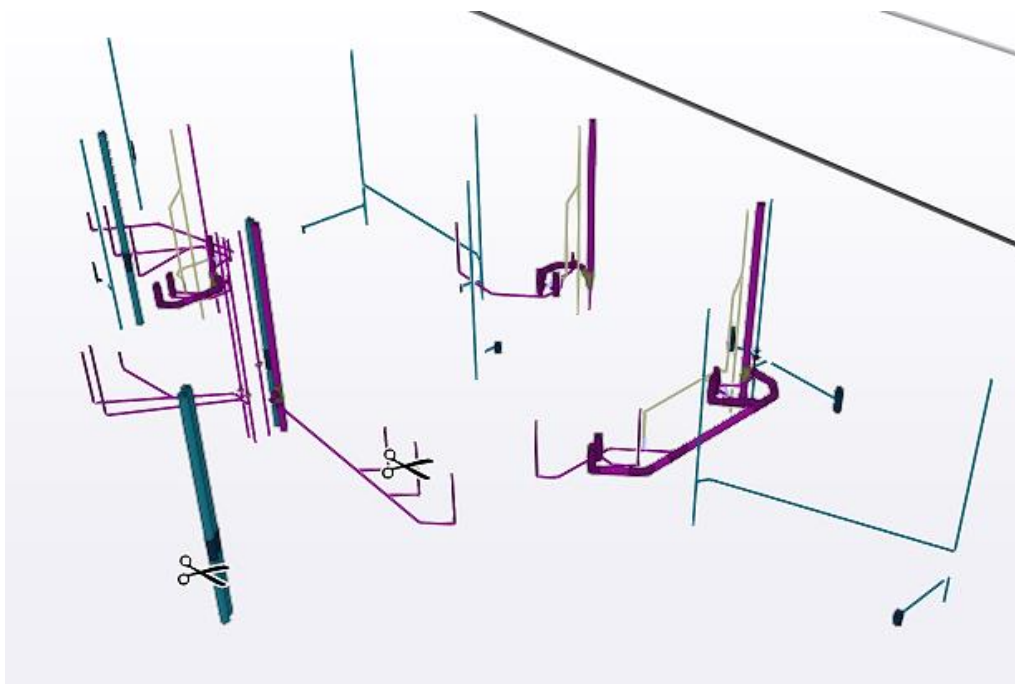
Após a modelagem de cada pavimento é possível obter todo sistema de abastecimento e descarga dos apartamentos, como na figura 63, onde é possível visualizar a rede de água frio vindo desde os hidrômetros, e abastecendo os manifolds, que são responsáveis por centralizar os comandos de abertura e fechamento de água quente e fria nos ambientes, e abastecendo os demais pontos, como aquecedores e pontos de utilização. Na figura 64 pode-se observar a rede de esgoto e água pluvial do apartamento, que é responsável por coletar todos dejetos e águas inapropriadas e conduzi-las até a rede de coleta e drenagem do logradouro, através dos shafts.

Figura 63 – Modelo tridimensional de água fria, água quente e recalque de um apartamento tipo.



Fonte: Autora, 2023.

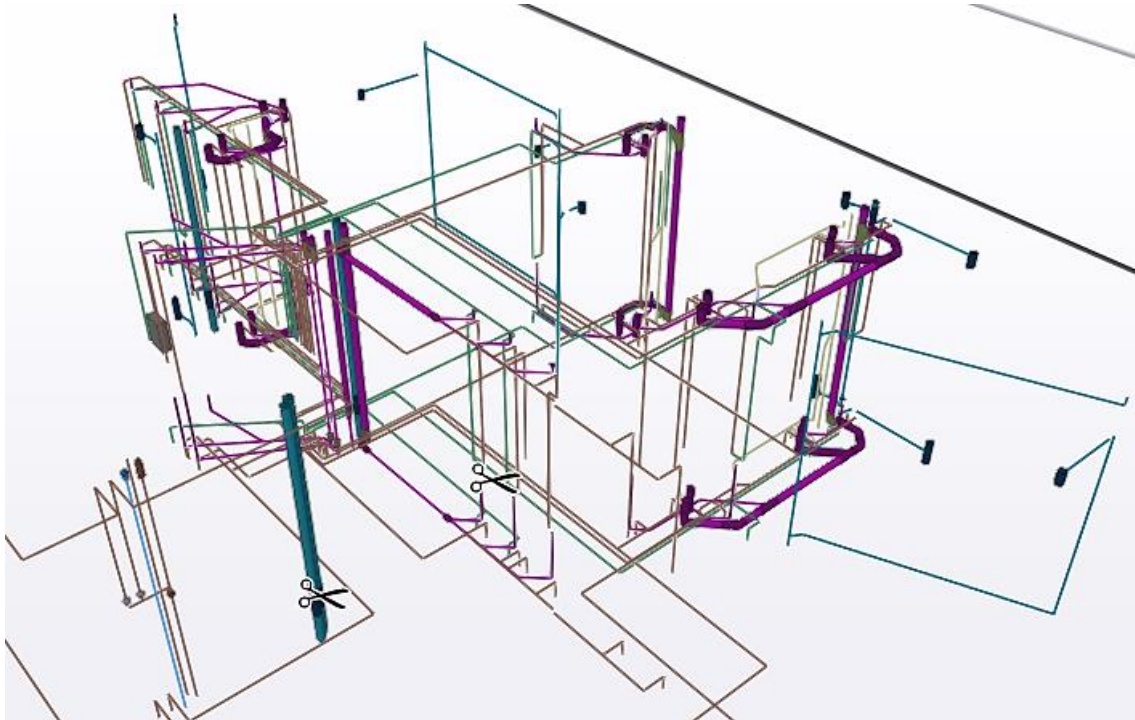
Figura 64 – Modelo tridimensional o esgoto e água pluvial do apartamento tipo.



Fonte: Autora, 2023.

Assim, foi possível chegar ao resultado final da modelagem de um apartamento tipo de água fria, água quente, água pluvial e esgoto, demonstrado na figura 65.

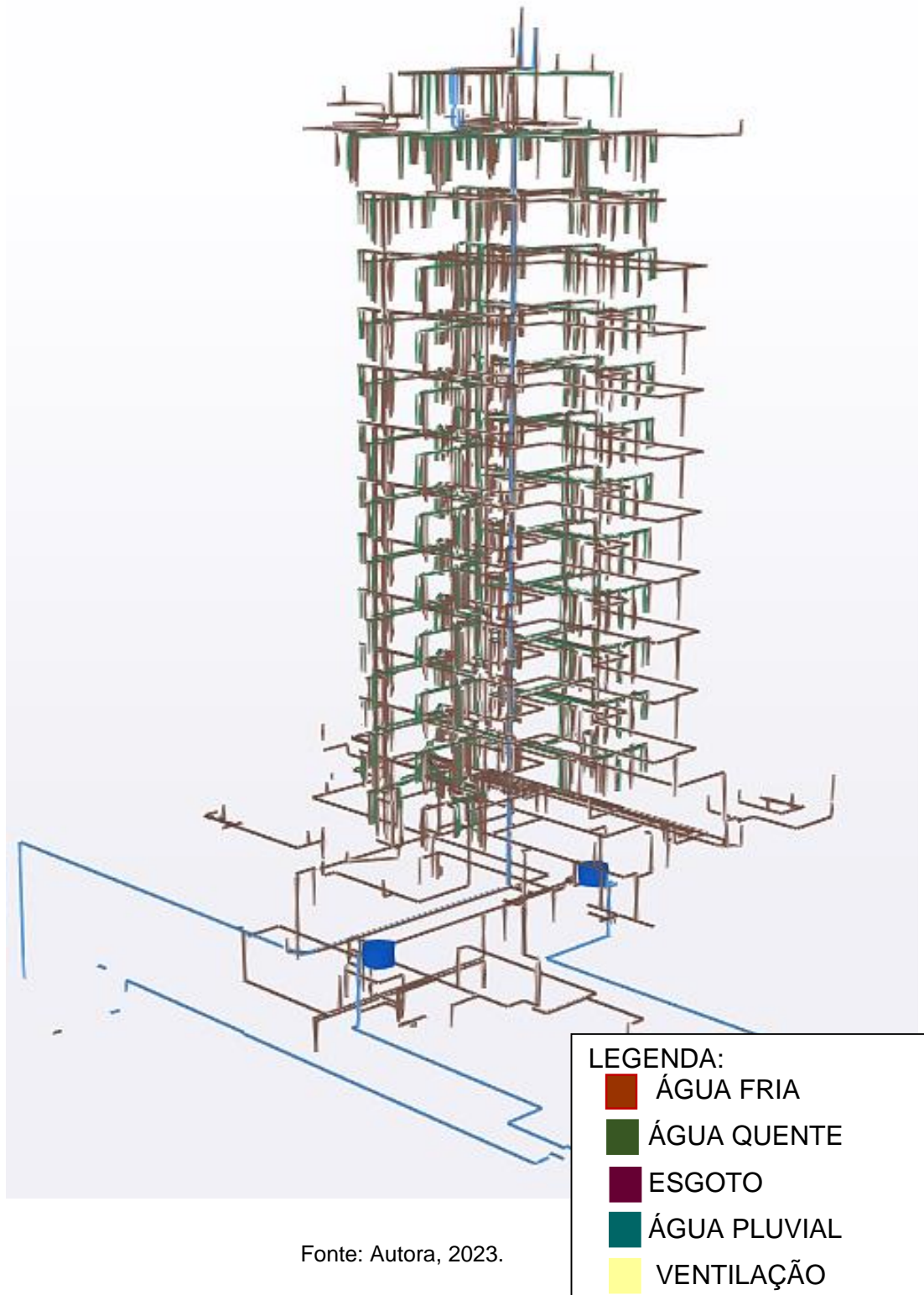
Figura 65 – Modelo tridimensional hidrossanitário do apartamento tipo.



Fonte: Autora, 2023.

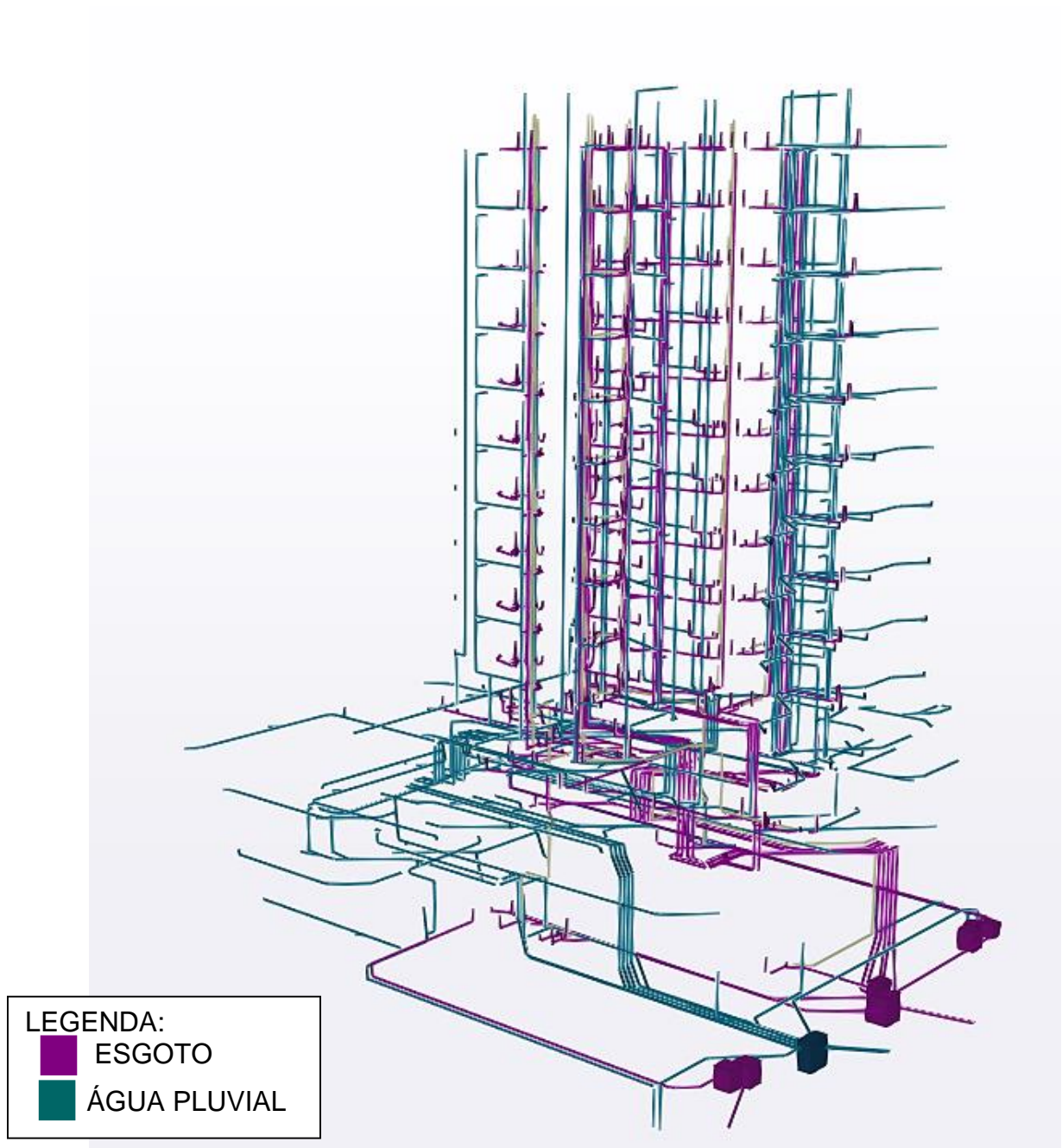
Posteriormente, uniu-se o modelo de todos pavimentos em um único modelo, como é possível ver nas Figuras 66 e 67.

Figura 66 – Modelo tridimensional de água fria, água quente e recalque.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 67– Modelo tridimensional de esgoto sanitário e água pluvial.



Fonte: Autora, 2023.

Com a finalização de todos os modelos dos projetos de estudo, exportou-se os arquivos do QiBuilder para o Trimble, onde foi possível visualizar de maneira facilitada todos os projetos de forma integrada e partiu-se para a etapa de compatibilização, para identificar possíveis inconsistências ainda na fase de projeto.

4.6 Compatibilização e interferências encontradas

A detecção das interferências inicia-se com a importação dos arquivos que contém a modelagem dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário para o software Trimble. Neste momento, percebe-se a necessidade de todos os projetos estarem virtualmente posicionados no mesmo local.

Vale ressaltar que a compatibilização do projeto foi realizada paralelamente ao desenvolvimento do modelo, para efeito de análise foi demonstrado no presente trabalho as relações determinadas a compatibilização e não da modelagem total do projeto.

A realização do processo de compatibilidade se deu de dois modos, primeiramente através de uma análise a olho nu, verificando e anotando todas as inconsistências encontradas e o segundo modo se deu através da ferramenta do Trimble “*clash detective*”, onde o próprio programa faz a verificação e análise para encontrar as incompatibilidades. Então, a partir de todas as interferências e inconsistências identificadas no projeto foram determinadas soluções para cada uma delas.

A compatibilização é uma das características chaves do BIM, permitindo assim identificar erros, produzir vistas detalhadas e extrair quantitativos. Modelar um projeto em BIM não significa apenas poder visualizar de forma tridimensional o que será construído, mas sim visualizar todas as características minuciosas de uma peça ou componente de um projeto, permitindo assim prever quais impactos uma alteração em um determinado elemento serão desencadeados e quanto isso impactará no produto final.

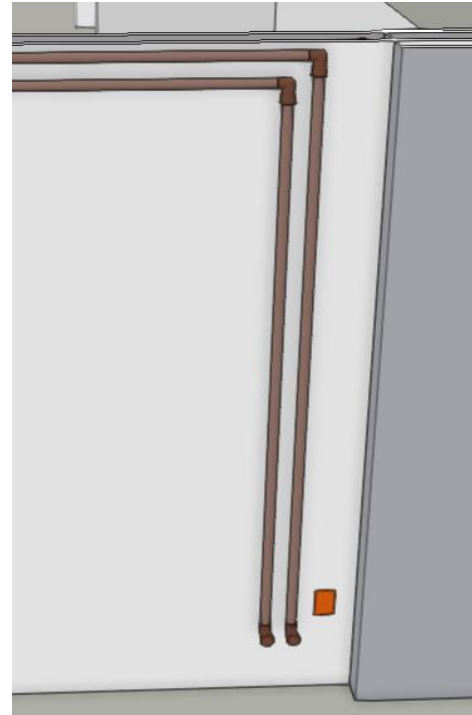
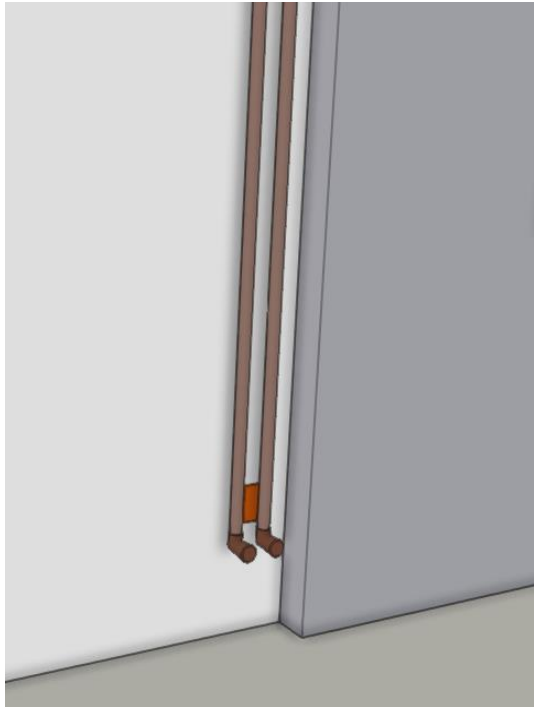
Então, a partir de todas as interferências e inconsistências encontradas no projeto foram determinadas soluções para cada uma delas e realização da otimização e consistência do projeto a ser executado futuramente pela empresa responsável, ilustrado nos quadros 02 à 13, onde a esquerda observa-se as situações de incompatibilidade que foram visualizadas ainda na fase de projeto e a direita as soluções propostas, demonstrando o quanto essa ferramenta traz benefícios para os projetos de engenharia.

Além disso, é de extrema importância a visualização prévia dos modelos de maneira tridimensional pois algumas incompatibilidades são difíceis de serem identificadas somente no modo bidimensional, como por exemplo nesse caso do quadro 2, onde as torneiras de jardim foram posicionadas frente a um elemento elétrico posicionado pela arquitetura.

Quadro 2– Incompatibilidade água fria x arquitetura.

INCOMPATIBILIDADE: torneiras de jardim posicionadas em frente a um elemento elétrico locado pela arquitetura.

SOLUÇÃO: mover para a esquerda para remover conflito.

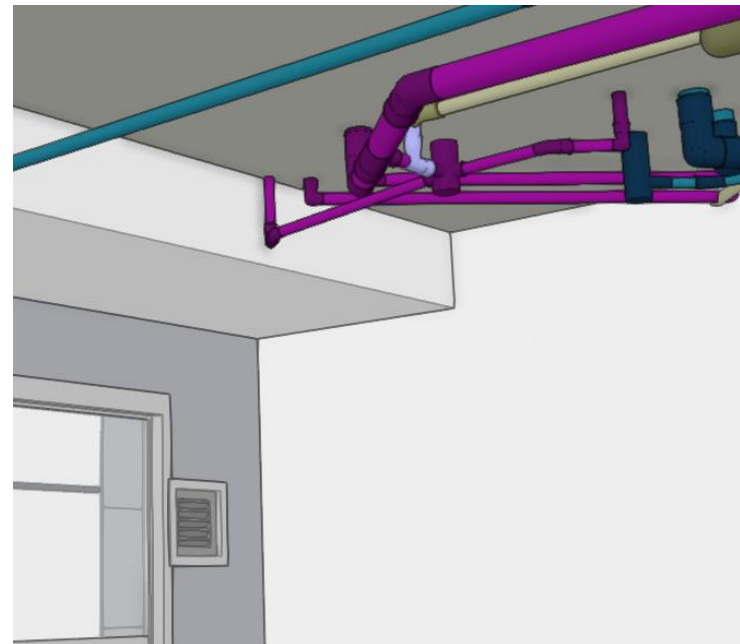
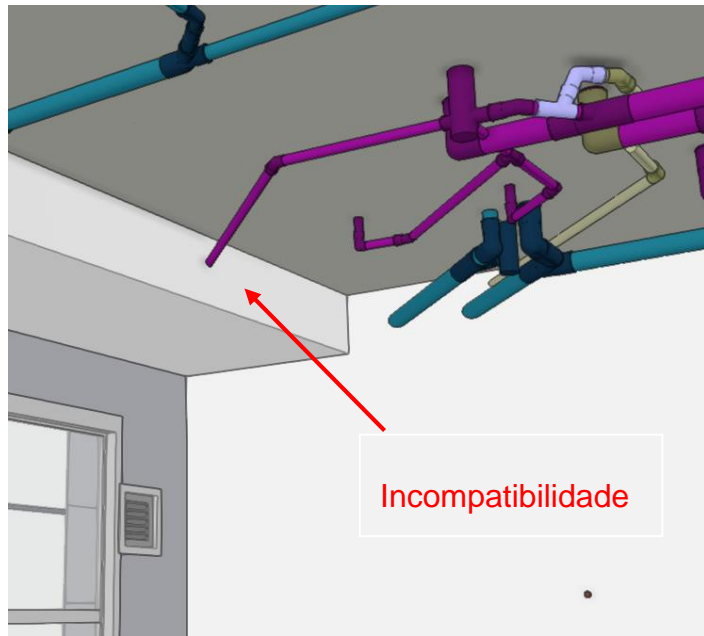


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 3- Incompatibilidade esgoto x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: um banheiro posicionado sob uma viga de transição.

SOLUÇÃO: caminhar com a tubulação do lavatório no contrapiso e furar após a viga.

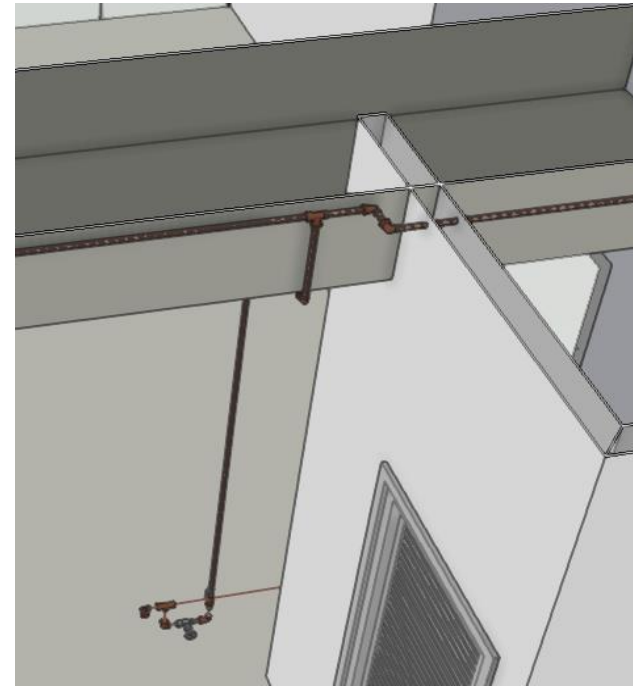
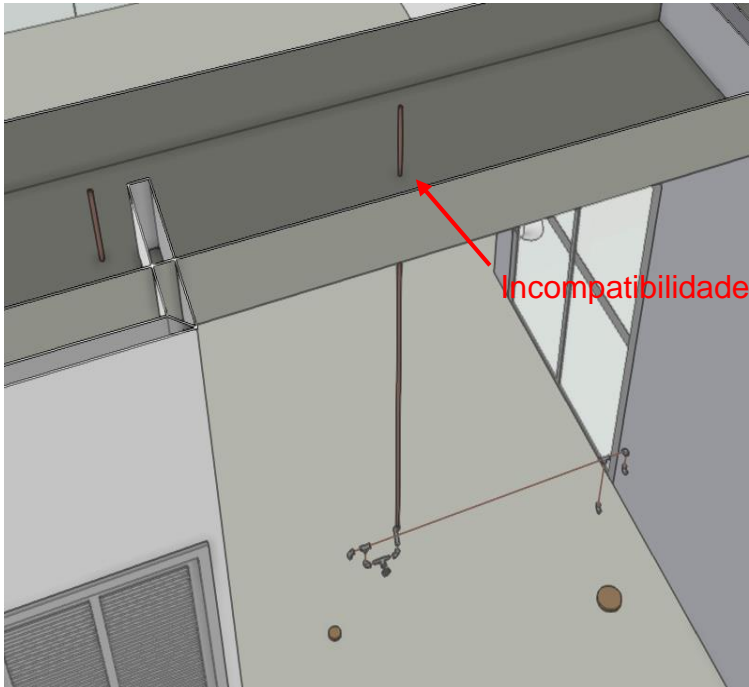


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 4- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria furando a viga de transição.

SOLUÇÃO: fazer o contorno do elemento estrutural.

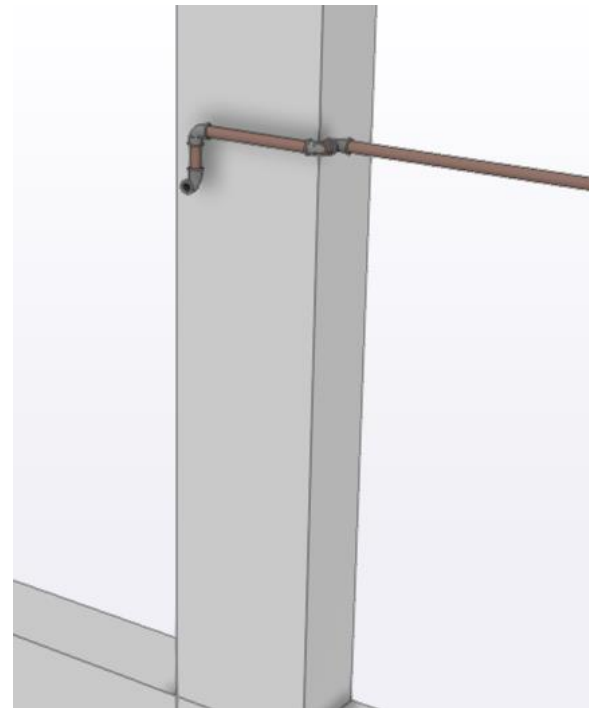
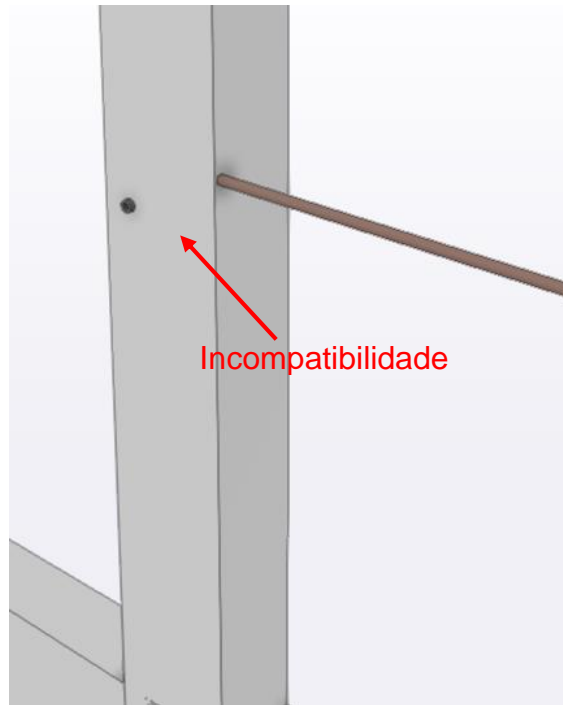


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 5- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria furando um pilar.

SOLUÇÃO: fazer o contorno no elemento estrutural.

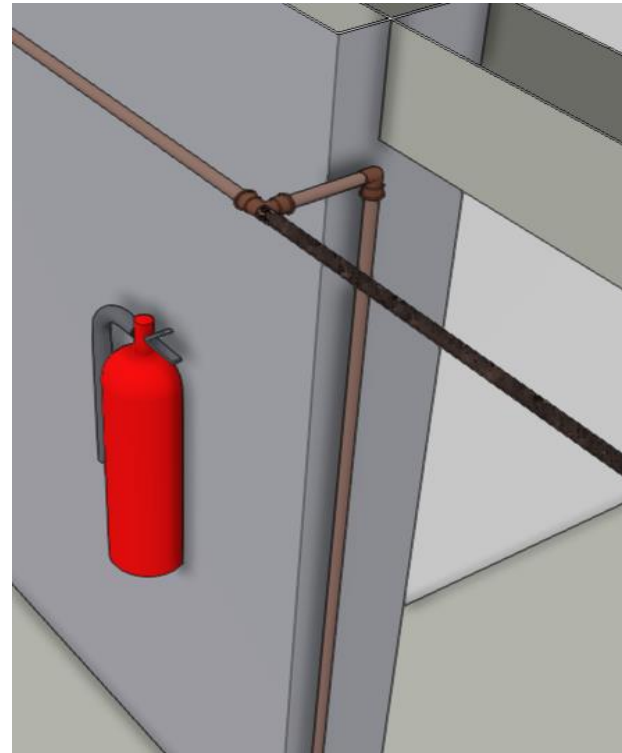
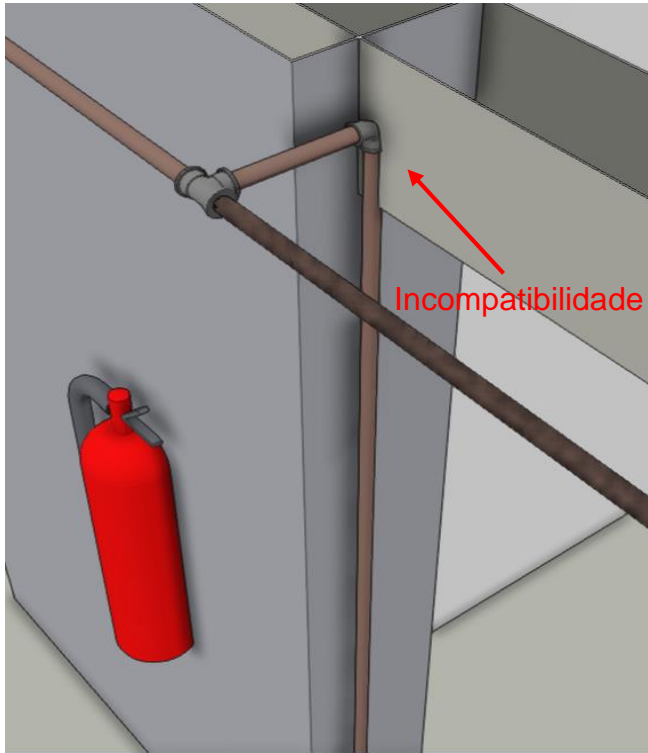


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 6- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria em conflito com uma viga.

SOLUÇÃO: mover a tubulação.

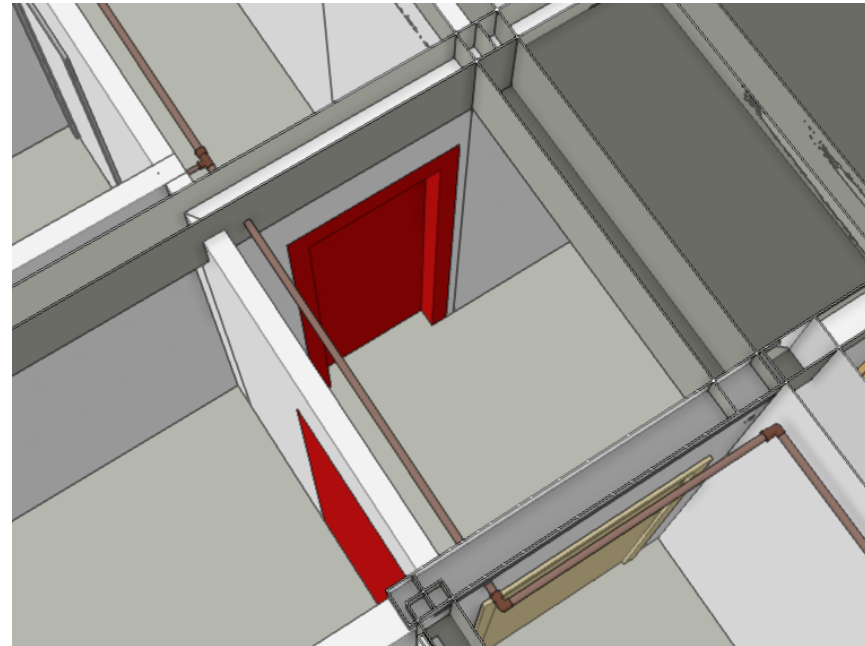
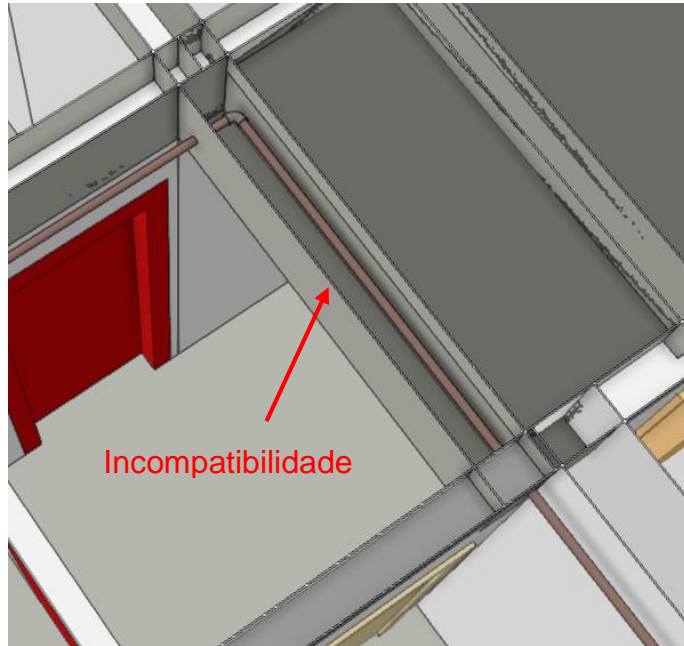


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 7- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria dentro da viga.

SOLUÇÃO: fazer um novo caminhamento.

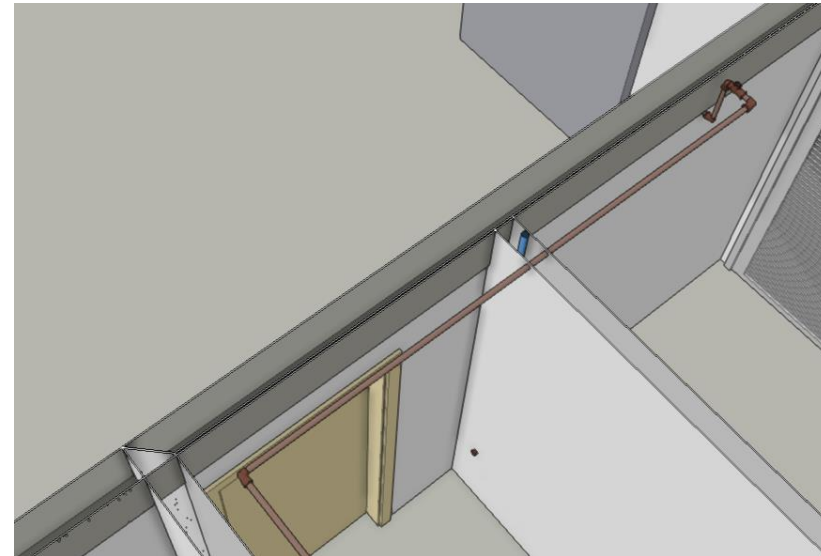
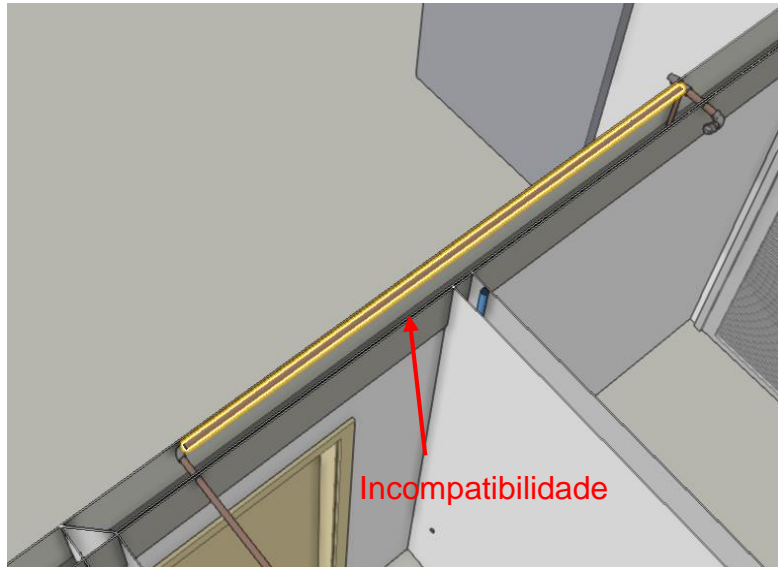


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 8- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria dentro da viga.

SOLUÇÃO: fazer o contorno pelo elemento estrutural.

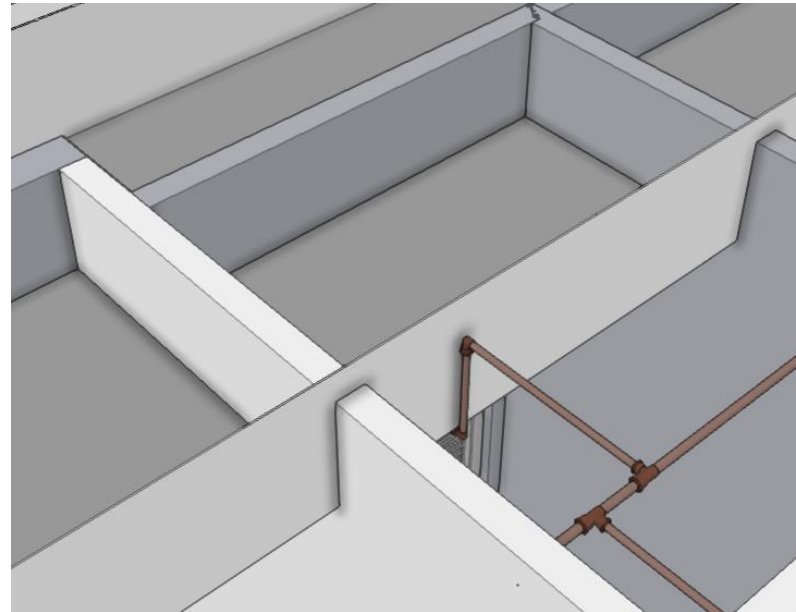
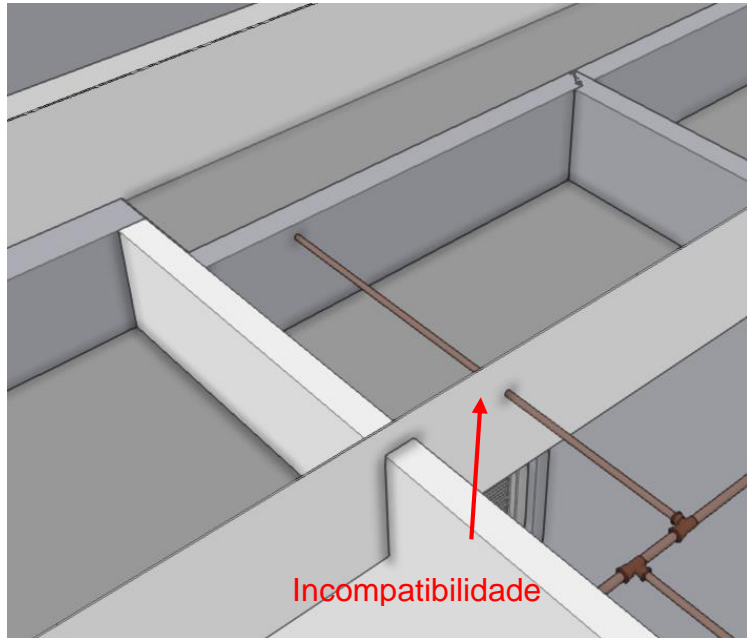


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 9- Incompatibilidade água fria x estrutural.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria passando por uma viga de transição.

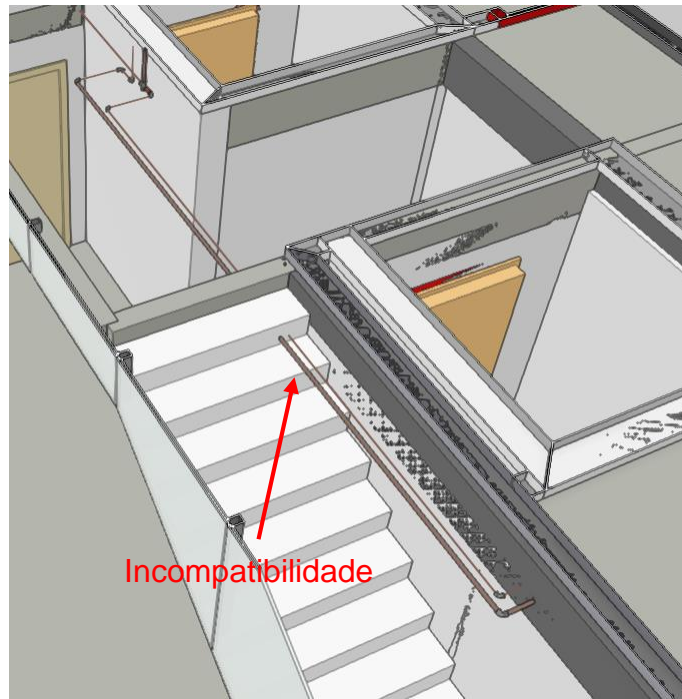
SOLUÇÃO: fazer o contorno pelo elemento estrutural.



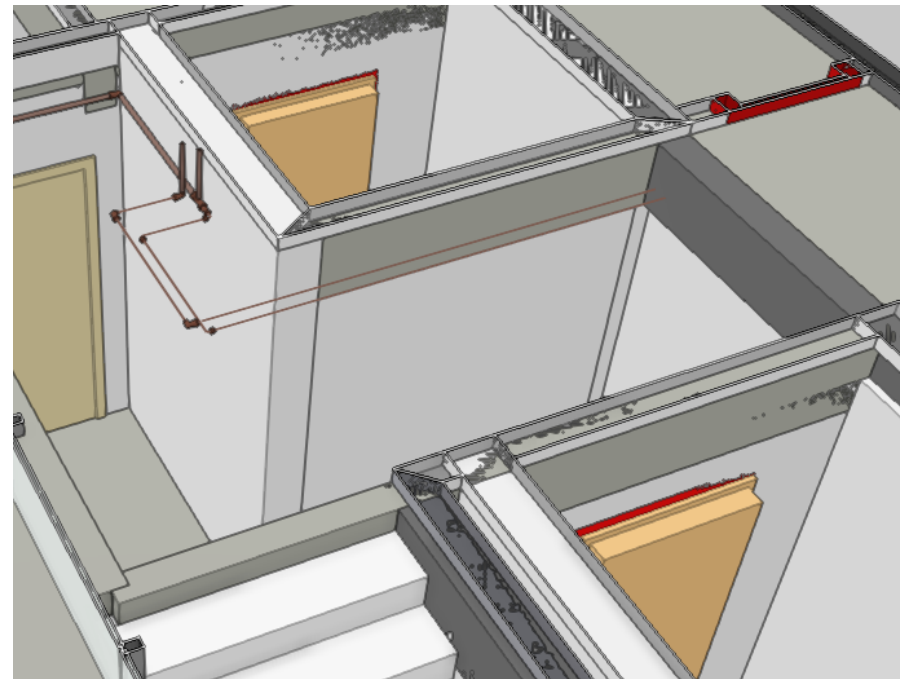
Fonte: Autora, 2023.

Quadro 10- Incompatibilidade água fria x arquitetura.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria passando por dentro da escada.



SOLUÇÃO: fazer um novo caminhamento das tubulações.

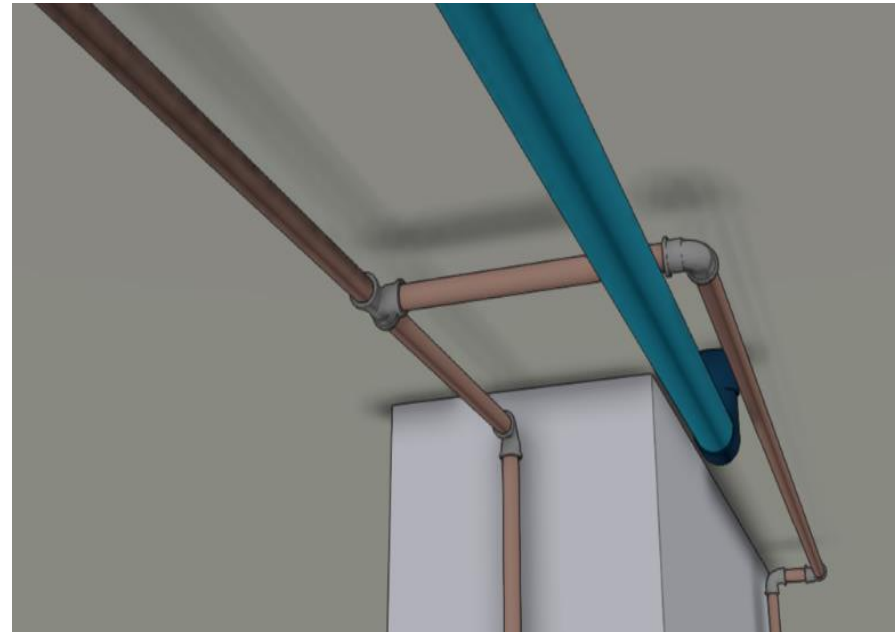
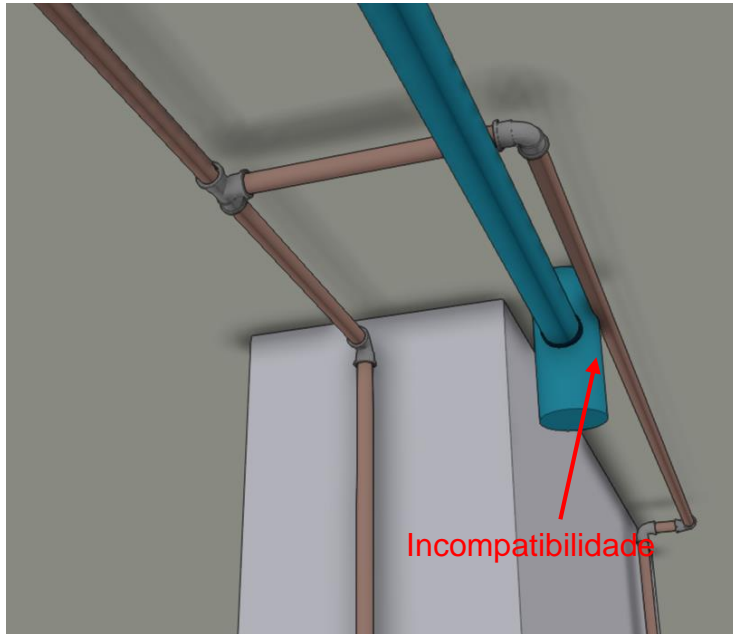


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 11- Incompatibilidade água fria x esgoto.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria em conflito com o esgoto.

SOLUÇÃO: diminuir a seção da caixa sifonada de esgoto.

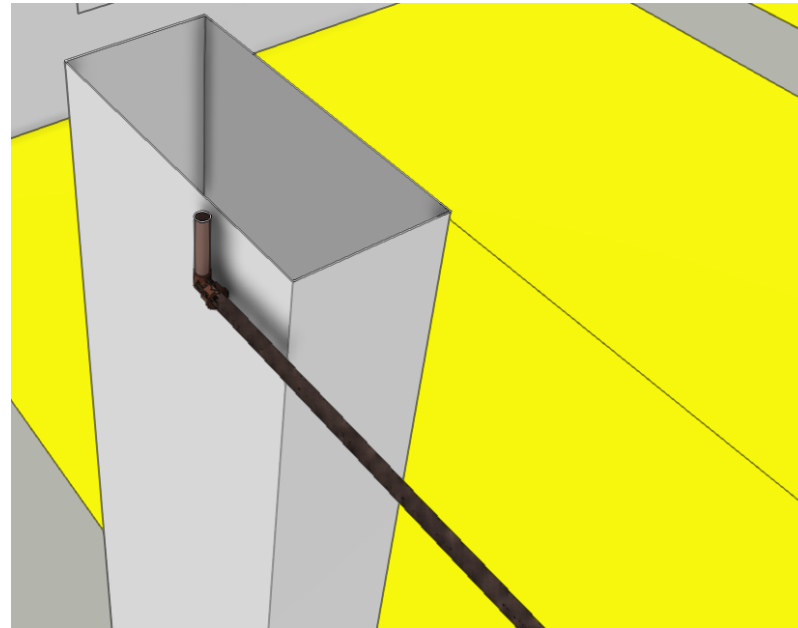
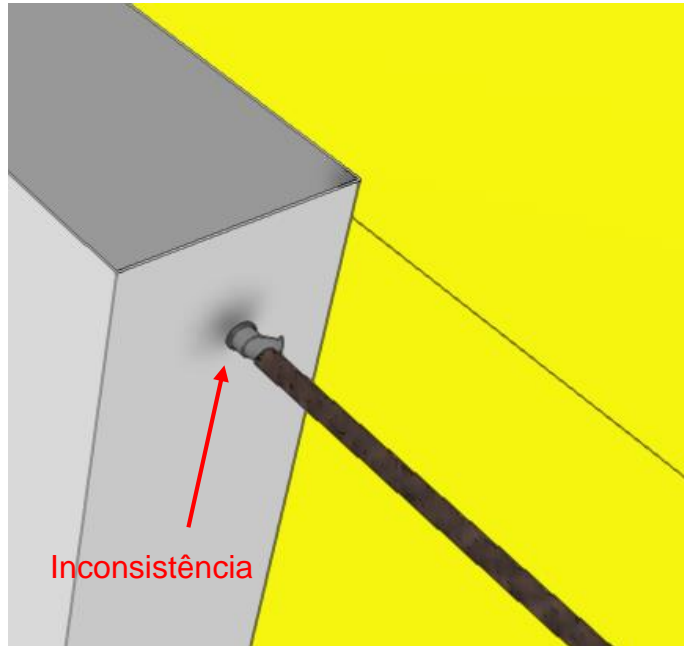


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 12- Inconsistência água.

INCOMPATIBILIDADE: tubulação de água fria sem ligação com o pavimento superior.

SOLUÇÃO: fazer a ligação entre os pavimentos.

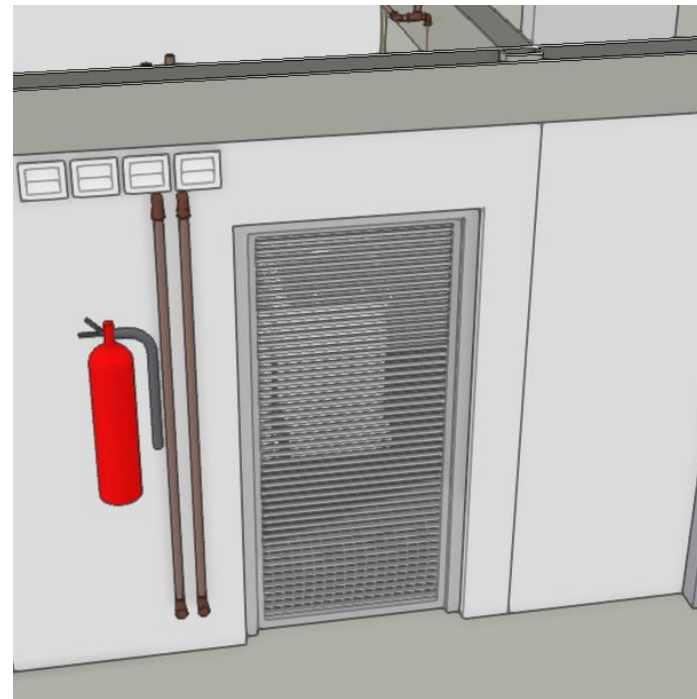
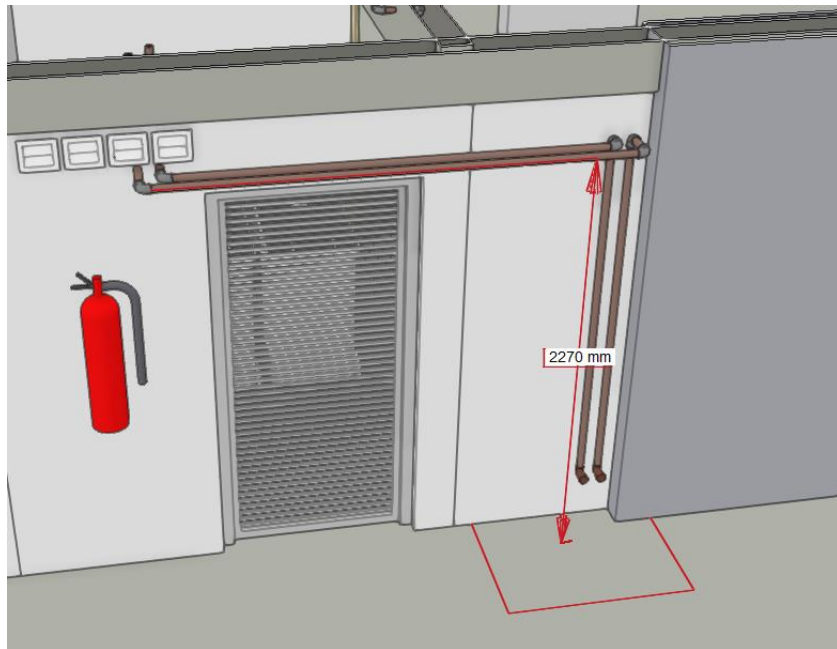


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 13- Inconsistência pé direito.

INCONSISTÊNCIA: não atingiu o pé direito mínimo de 2,30cm devido as saídas de ventilação.

SOLUÇÃO: os elementos foram posicionados abaixo da ventilação para não comprometer o pé direito.



Fonte: Autora, 2023.

Pode-se perceber que uma incompatibilidade bem comum é nos pavimentos do embasamento, onde se concentram muitas vigas de transição, que são vigas mais largas, gerando conflito entre o estrutural e elementos hidrosanitários.

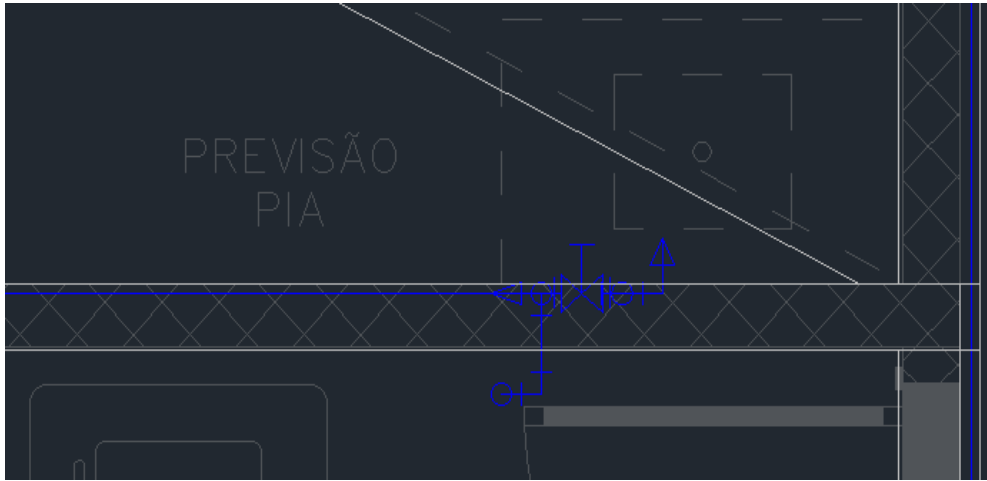
Desta forma, com a visualização tridimensional, foi possível demonstrar a realização da compatibilização parcial do projeto apresentando as principais incompatibilidades e inconsistências encontradas, seguindo as disciplinas e os tipos associados, e implementar uma solução para cada uma delas com base nos requisitos determinados pela empresa responsável pelo projeto.

As interferências do sistema hidrossanitário com estrutural foram resolvidas com caminhos alternativos, optando, sempre que possível, desviar do elemento estrutural. Vale ressaltar que furos horizontais nas vigas não são proibidos, desde que seja previstos e calculados previamente. Incompatibilidades com o sistema arquitetônico ou com o sistema hidrossanitário também optou-se por fazer ajustes no software. As soluções foram apresentadas no quadro acima.

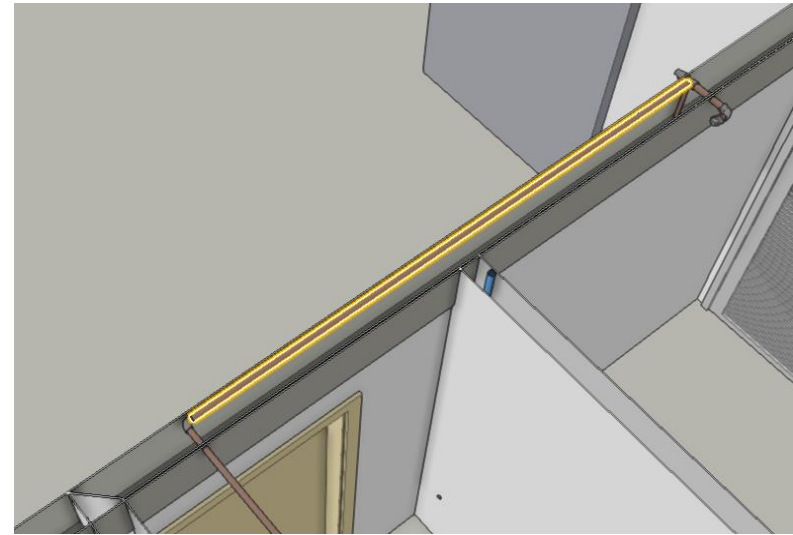
Muitas dessas incompatibilidades passavam despercebidas quando eram analisadas somente em duas dimensões, muitas vezes porque o processo de análise a olho nu é falho ou por inexperiência do projetista. No quadro 14 e 15 é possível observar essas situações. No primeiro caso, o projetista não se atentou a viga talvez por falta de experiência ou maturidade, na imagem à direita no modelo tridimensional esse erro foi visualizado com clareza. No segundo caso, também aconteceu a mesma situação, por falha de atenção não foi percebido para qual direção a escada subia. Vale ressaltar que esses dois casos são somente alguns dos vários que simplesmente passam despercebidos durante a elaboração de projetos, ressaltando que o processo somente em duas dimensões acarreta muitas falhas, o que pode gerar muitos conflitos na execução do edifício.

Quadro 14- Compatibilização 2Dx3D.

Compatibilização somente em duas dimensões, as vigas normalmente se confundem com paredes.



Visualização em três dimensões, possível identificar facilmente a incompatibilidade

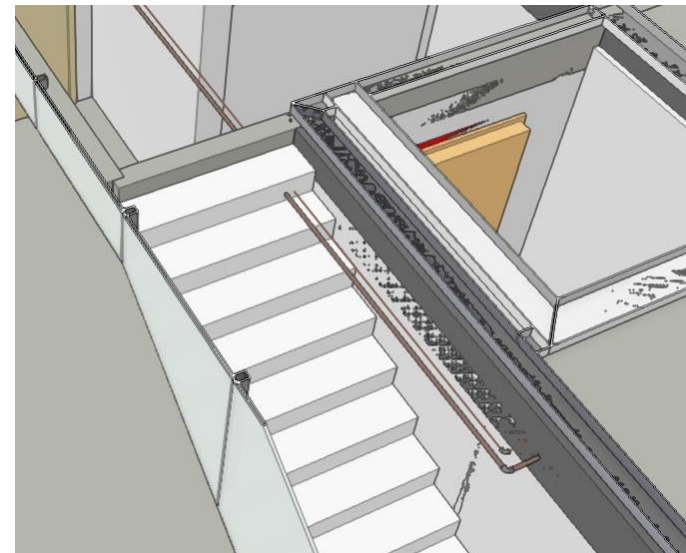
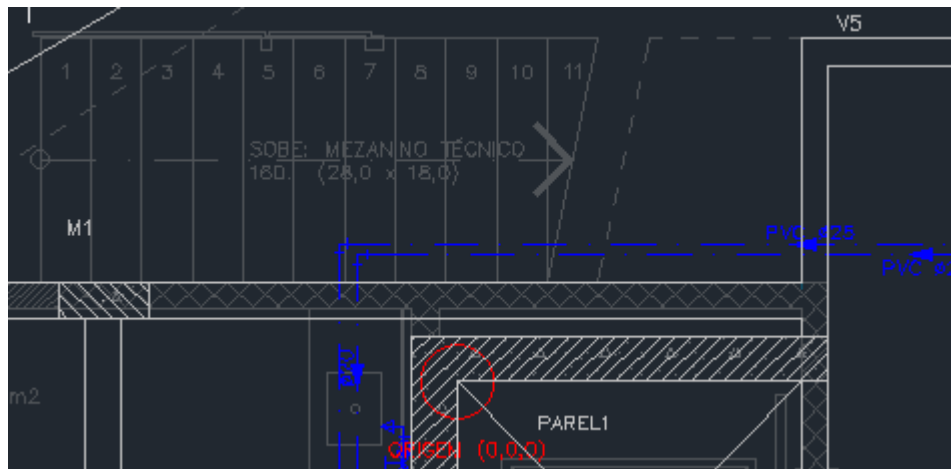


Fonte: Autora, 2023.

Quadro 15- Compatibilização 2Dx3D.

Compatibilização somente em duas dimensões, as tubulações passavam por uma escada que estava subindo.

Visualização em três dimensões, possível identificar facilmente a incompatibilidade



Fonte: Autora, 2023.

4.7 Considerações finais sobre o estudo de caso

Durante a realização do estudo de caso pode-se constatar que os projetos desenvolvidos em BIM realmente demandam maior esforço, devido ao alto nível de detalhamento e informações presentes no modelo.

Entretanto, diante das situações apresentadas anteriormente, fica claro que um dos principais benefícios em se utilizar a metodologia BIM e visualização 3D para a elaboração de projetos é que ela facilita a visualização comparada com o modelo bidimensional. Além disso, as informações ficam associadas aos elementos, desse modo, torna-se possível ter uma perspectiva do espaço muito próxima da realidade. Logo, o profissional perceberá os erros durante a fase de projeto, permitindo maior mobilidade para acertá-los, o que possibilitará economia de tempo e melhor qualidade na fase executiva.

O Alto QiBuilder e Trimble são programas completos e que realmente permitem uma melhor coordenação e organização de projetos. Os resultados obtidos estiveram dentro do esperado e as interferências encontradas foram corrigidas com antecedência ao começo das obras.

5 CONCLUSÃO

Visando atingir os objetivos específicos, foi feita uma pesquisa que permitiu um melhor entendimento sobre o processo de projetos e seus impactos para construção civil, em seguida foi realizado um estudo sobre a plataforma BIM, visando ter um maior conhecimento das ferramentas, aplicações e benefícios que ela proporciona.

Além disso, no estudo de caso foi realizada a modelagem em BIM do projeto hidrossanitário e logo após foi realizado um confronto com os projetos arquitetônico e estrutural utilizando softwares BIM. Para, por fim, analisar e quantificar os resultados obtidos onde foram classificadas e levantadas as possíveis correções para as incompatibilidades e inconsistências.

Também é importante levantar as limitações da pesquisa, sendo elas: a compatibilização não foi feita com todos os projetos, como dito anteriormente, devido ao tempo disponível para a realização da mesma. Além disso, uma vez que o processo é manual e visual, fica-se sujeito a inconsistências que o responsável pela compatibilização não tenha encontrado, portanto, há a possibilidade de se fazer verificações mais apuradas, que não foram do objetivo do presente trabalho. Entretanto, verificou-se que é possível minimizar os impactos negativos da falta de planejamento referente à essas inconsistências.

Desta forma, o presente trabalho demonstrou através de um estudo de caso e com os dados apresentados com base na literatura, como o BIM consegue integrar todas as informações e elementos de uma edificação em um modelo universal, o que permitiu melhor análise de todas as incompatibilidades e inconsistências encontradas no projeto, melhorando, assim, a tomada de decisões em relação a correção das mesmas.

O trabalho permitiu um amplo aprendizado introdutório à plataforma BIM evidenciando suas características e a importância de sua aplicabilidade na construção civil. Durante o processo de modelagem, ficou evidente que os softwares trabalhados têm como base a parametrização e por isto projetos executados desta forma devem ser extremamente organizados e metódicos, para evitar acúmulos de erros e facilitar

a extração de informações posteriormente desejadas. Isto evidencia o quanto o BIM está ligado ao processo do projeto integrado e da engenharia simultânea, trazendo maior esforço na etapa de projetos e maior fluidez na fase executiva.

Ficaram evidentes também os problemas que a não compatibilização de projetos pode trazer para a execução de um empreendimento, podendo resultar na perda de qualidade e atrasos no cronograma.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se pensar em realizar a análise comparativa entre softwares BIM para desenvolvimento de projetos hidrossanitários, como o Revit e Hydros.

Por fim, evidenciando que embora seja necessário um maior esforço para projetar em BIM, os benefícios trazidos por ele são indispensáveis para a melhoria da qualidade final dos empreendimentos da construção civil e redução das manifestações patológicas nos empreendimentos.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. C. de G. **Impacto do uso do BIM na elaboração de projetos as built de sistemas prediais hidrossanitários.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, 2016.

AMARAL, R. D. C. do; PINA FILHO, A. de. **A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. Nono Simpósio de Mecânica Computacional.** Minas Gerais, 2010.

AUSTER, L. D. **Uso do BIM para compatibilização e modelagem de projetos hidráulicos prediais.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Bahia, 2015.

CARDOSO, L. R. A. **Planejamento, gerenciamento e controle de obras.** São Paulo, 143-171 p, 2011.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Patologias em sistemas prediais hidráulico-sanitários.** Editora Blucher, 2019.

CROTTY, R. **The Impact of Building Information Modelling.** New York: SPON Press, 2012.

Descubra tudo sobre o projeto de obras de Construção Civil. Ius Natura, Belo Horizonte, 21 de janeiro de 2020. Disponível em: <URL> <https://iusnatura.com.br/projeto-obras-construcao>.

EASTMAN, C. et al. **Manual de Bim- Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. **A percepção de interferências espaciais através de desenhos 2D e modelos 3D por profissionais de projetos de edifícios.** In: Workshop Nacional De Gestão Do Processo De Projeto Na Construção De Edifícios. Curitiba: UFPR, 2007.

HARDIN, B. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows.** Indianápolis: Wiley, 2009.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto.** 2ª ed., 3ª reimpressão (jan. 96). São Paulo: Editora PINI, 1992.

JERNIGAN, F. **Big BIM little BIM: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way.** 2. ed. Salisbury: Finith Jernigan, 2008.

LEÃO, M; NUNES, G.H. **Estudo comparativo de ferramentas de projeto entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**. Revista de Engenharia Civil. Sinop, v. 1, jul. 2018.

LIMA, C. F. M. **Gestão do processo de projeto hidrossanitário**. Trabalho de mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2016.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MULLER, R. **Projeto hidrossanitário: por que é importante possuir um?** Florianópolis, SC, 2 de outubro de 2021. Disponível em: <URL> <https://epec-ufsc.com.br/projeto-hidrossanitario/projeto-hidrossanitario-por-que-e-importante-possuir-um/>

NUNES, N. et al. **Implantação da plataforma BIM: vantagens e desvantagens**. XII Semana Universitária e XI Encontro de Iniciação Científica UNIFIMES, 2017.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. 2008. 281 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PENTTILÄ, H. **Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression**. Journal of Information Technology in Construction, v. 11, special issue, p. 395-408, 2006.

RUSCHEL, R. C et al. **Building Information Modeling para projetistas**. In: FABRICIO, M.M.; ORNSTEIN, S.W. (org.). Qualidade no projeto de edifícios. São Carlos: Rima Editora, ANTAC, 2010.

SOUZA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares estudo de caso**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2010.