

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MIGUEL GEOVANI MEEREIS SCHMITT**

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM BASE NA METODOLOGIA BIM**

**Alegrete**

**2021**

**MIGUEL GEOVANI MEEREIS SCHMITT**

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM BASE NA METODOLOGIA BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Adriana Gindri Salbego

**Alegrete**

**2021**

**MIGUEL GEOVANI MEEREIS SCHMITT**

## **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM BASE NA METODOLOGIA BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26 de julho de 2021.

Banca examinadora:

Profa. Dra. ADRIANA GINDRI SALBEGO - Orientadora - UNIPAMPA

Prof. DR. FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS - UNIPAMPA

Prof. Me. MAURICIO SILVEIRA DOS SANTOS - UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/09/2021, às 17:38, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ADRIANA GINDRI SALBEGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/09/2021, às 08:15, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MAURICIO SILVEIRA DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/09/2021, às 10:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 0602429 e o código CRC A6CF7CD7.

## RESUMO

Visando adquirir conhecimentos na utilização da metodologia BIM em diferentes disciplinas que constituem o processo de planejamento de uma residência unifamiliar, este estudo buscou a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário utilizando os softwares AutoCAD, Revit e Navisworks. Para tanto, foram adquiridas as plantas em formato DWG fornecidas pela empresa responsável que executou a obra. O próximo passo foi baixar, instalar e preparar os softwares necessários para o estudo. Também fez-se necessário adquirir conhecimentos referentes ao software Navisworks para posteriormente fazer as compatibilizações. Em seguida foram modelados em 3D no software Revit a planta arquitetônica, hidrossanitária e estrutural, para então realizar a compatibilização destes projetos no software Navisworks com a ferramenta *clash detection*, onde foram gerados três relatórios: Arquitetônico x Estrutural, Arquitetônico x Hidrossanitário e Hidrossanitário x Estrutural. Com as incompatibilidades encontradas, foram sugeridas soluções. Por fim, foram apresentados pontos positivos e negativos da utilização da metodologia BIM encontrados durante o estudo.

**Palavras-chave:** compatibilização, BIM, Revit, DWG, modelagem, Navisworks.

## **ABSTRACT**

Aiming to acquire knowledge in the use of the BIM methodology in different disciplines that constitute the planning process for the elaboration of a single-family residence, this study sought to make the architectural, structural and sanitary projects compatible using AutoCAD, Revit and Navisworks software. For this purpose, the plans in DWG format provided by the responsible company that carried out the work were acquired. The next step was to download, install and prepare the software that would be needed for the study. It was also necessary to acquire knowledge regarding the Navisworks software for later making the compatibilizations. Then, the architectural, hydro-sanitary and structural plans were modeled in 3D in Revit software. Then, the compatibility of these projects was carried out in the Navisworks software with the clash detection tool, where three reports were generated: Architectural x Structural, Architectural x Hydro-sanitary and Architectural x Structural. With the incompatibilities found, suggestions for solutions were made. Finally, positive and negative points of the use of the BIM methodology found during the study were presented.

**Keywords:** compatibility, BIM, Revit, DWG, modeling, Navisworks.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação gráfica das fases da metodologia BIM.....	15
Figura 2 – Exemplo de modelagem arquitetônica realizada no Revit.....	16
Figura 3 – Exemplos de Famílias do sistema – Parede.....	22
Figura 4 – Exemplos de Famílias do sistema - Piso.....	22
Figura 5 – Exemplos de Famílias carregadas - Janelas.....	23
Figura 6 – Exemplos de Famílias carregadas – Portas.....	24
Figura 7 – Exemplo de renderização no Navisworks.....	25
Figura 8 – Exemplo de cronograma de etapas.....	26
Figura 9 – Exemplo de tabela de custos.....	26
Figura 10 – Fluxograma de desenvolvimento.....	29
Figura 11 – Modelos do Revit.....	31
Figura 12 – <i>Famílias</i> presente no modelo arquitetônico.....	31
Figura 13 – <i>Famílias</i> presente no modelo estrutural.....	32
Figura 14 – <i>Famílias</i> presente no modelo hidrossanitário.....	33
Figura 15 – Planta baixa do pavimento térreo.....	37
Figura 16 – Planta baixa do pavimento superior.....	38
Figura 17 – Planta hidráulica do pavimento térreo.....	40
Figura 18 – Detalhamento 1 da planta hidráulica do pavimento térreo.....	41
Figura 19 – Detalhamento 2 da planta hidráulica do pavimento térreo.....	42
Figura 20 – Detalhamento 3 da planta hidráulica do pavimento térreo.....	42
Figura 21 – Planta hidráulica do 2º pavimento.....	43
Figura 22 – Detalhamento 4 da planta hidráulica do pavimento superior.....	44
Figura 23 – Detalhamento 5 da planta hidráulica do pavimento superior.....	44
Figura 24 – Planta sanitária do pavimento térreo.....	45
Figura 25 – Detalhamento 6 da planta sanitária do pavimento térreo.....	46
Figura 26 – Detalhamento 7 da planta sanitária do pavimento térreo.....	47
Figura 27 – Planta sanitária do 2º pavimento.....	48
Figura 28 – Detalhamento 8 da planta sanitária do pavimento superior.....	49
Figura 29 – Detalhamento 9 da planta sanitária do pavimento superior.....	50
Figura 30 – Planta estrutural das fundações.....	51
Figura 31 – Planta estrutural do 2º pavimento.....	52

Figura 32 – Planta estrutural do telhado.....	53
Figura 33 – Detalhamento das sapatas.....	54
Figura 34 – <i>Família</i> de alvenaria criada para atender ao projeto.....	55
Figura 35 – <i>Família</i> de portas e janelas criadas para atender ao projeto.....	56
Figura 36 – Vista da modelagem tridimensional da planta arquitetônica.....	57
Figura 37 – Planta baixa do pavimento térreo e superior.....	58
Figura 38 – Plantas baixas e cortes do projeto hidrossanitário.....	59
Figura 39 – <i>Famílias</i> de vigas, pilares, lajes e sapatas criadas para a modelagem..	60
Figura 40 – Sapatas locadas conforme projeto original.....	61
Figura 41 – Pilares, vigas e lajes locadas conforme projeto original.....	61
Figura 42 – Resultados obtidos das incompatibilizações com o <i>clash detection</i> .....	62
Figura 43 – Exemplo de incompatibilizações encontradas entre o projeto arquitetônico e estrutural.....	63
Figura 44 – Incompatibilizações encontradas entre o projeto arquitetônico e hidrossanitário.....	64
Figura 45 – Incompatibilizações encontradas entre o projeto estrutural e hidrossanitário.....	66

## **LISTA DE SIGLAS**

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer-aided Designer

DWG – Drawing format

PROARTE – Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas

OPUS – Sistema Unificado do Processo de Obras

OAEs – Obras de Artes Especiais

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Compatibilização de Projetos.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Modelagem Paramétrica.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Metodologia BIM.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>BIM no Brasil.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Revit.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Navisworks.....</b>	<b>24</b>
<b>2.7</b>	<b>AutoCAD.....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Planejamento da Pesquisa.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Etapas do desenvolvimento.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Aquisição dos softwares: AutoCAD 2020, Revit 2020 e Navisworks.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Realização de minicursos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Aquisição dos projetos em DWG.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Análise dos projetos.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Preparação do ambiente de trabalho: escolha dos modelos.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Modelagem do projeto arquitetônico.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.7</b>	<b>Modelagem do projeto estrutural.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.8</b>	<b>Modelagem do projeto hidrossanitário.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.9</b>	<b>Compatibilização de projetos.....</b>	<b>34</b>

3.2.10	BIM: vantagens e desvantagens.....	35
4	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	36
4.1	Caracterização dos Projetos.....	36
4.1.1	Caracterização do Projeto Arquitetônico.....	36
4.1.2	Caracterização do Projeto Hidrossanitário.....	39
4.1.3	Caracterização do Projeto Estrutural.....	50
4.2	Modelagem 3D das Plantas no Software Revit.....	54
4.2.1	Modelagem da Planta Arquitetônica.....	55
4.2.2	Modelagem da Planta Hidrossanitária.....	58
4.2.3	Modelagem da Planta Estrutural.....	59
4.3	Compatibilização de Projetos no Software Navisworks.....	62
4.3.1	Compatibilização Arquitetônico X Estrutural.....	62
4.3.2	Compatibilização Arquitetônico X Hidrossanitário.....	64
4.3.3	Compatibilização Hidrossanitário X Estrutural.....	65
4.4	Vantagens e Desvantagens da Utilização da Metodologia BIM.....	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5.1	Conclusões.....	69
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70

## 1 INTRODUÇÃO

O planejamento de uma obra é um processo complexo e que evoluiu pouco ao longo do tempo na maior parte do segmento da construção civil. Nos últimos anos tem-se falado muito na metodologia *Building Information Modeling* (BIM), a qual veio para suprir a defasagem de planejamento nas obras. BIM é uma metodologia que busca tornar o planejamento de uma obra mais precisa e eficiente, aliando múltiplos projetos em uma única plataforma multidisciplinar.

Segundo Eastman *et al.* (2014), o projeto e execução de uma obra é subdividido em inúmeras partes, que aliado ao processo mais utilizado atualmente, o papel, gera muitos erros e desperdícios. Por consequência, grandes construtoras veem seus lucros caírem por não adotarem melhores estratégias de planejamento na fase de projeto, mostrando-se a necessidade da implementação da metodologia BIM para suprimir erros nesta fase e melhorar a eficiência da execução.

Com a utilização da metodologia BIM numa obra, pode-se modelar toda a edificação em 3D para uma fácil visualização final do produto. Com a modelagem, é possível compatibilizar diferentes tipos de projetos: arquitetônico, hidrossanitário, elétrico, estrutural, dentre outros, reduzindo assim problemas de incompatibilidades.

A realização deste trabalho se justifica pela importância da utilização da metodologia BIM para um planejamento mais eficiente na fase de projeto de obras engenharia e, conseqüentemente, na fase de execução, mostrando assim, que a metodologia BIM é uma evolução lógica para qualquer segmento da construção civil adotar em busca de uma obra mais eficaz.

### 1.1 Objetivo Geral

Com base na metodologia BIM e utilizando o software Navisworks, esse trabalho tem por objetivo geral realizar a compatibilização dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e estrutural de uma residência unifamiliar.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Verificar incompatibilidades entre diferentes projetos utilizando o software Naviswork;
- Sugerir possíveis soluções para incompatibilidades encontradas;
- Apontar possíveis vantagens e desvantagens na utilização do sistema BIM para a compatibilização dos projetos estudados.

## 2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Compatibilização de Projetos

Segundo Graziano (2003) a compatibilidade é definida como elementos do projeto que ali se encontram e não colidam entre si, e também, que possuam informações compartilhadas com segurança até o final da obra.

De acordo com a NBR-5674 (1999, p. 2) projeto é: “descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.”

Tuman (1986, p12) diz que:

[...] um projeto é uma organização de pessoas dedicadas que visam atingir um propósito e objetivo específico. Projetos geralmente envolvem gastos, ações ou empreendimentos únicos de altos riscos e devem ser completados numa certa data por um montante de dinheiro, dentro de alguma expectativa de desempenho.

Segundo Rodríguez (2005) a compatibilização de projetos pode ser definida como análise e verificação dos diferentes tipos de projetos de uma edificação que podem produzir interferências físicas e que deverão ser corrigidas.

Para Picchi (1993, apud Mikaldo e Scheer, 2008) a compatibilização de projetos engloba todas as atividades que verificam e identificam as interferências de objetos nos projetos sobrepostos, além da organização de reuniões com os diversos projetistas para resolver incompatibilidades encontradas.

Rodríguez (2005) diz que a compatibilização de projetos deve sanar as interferências entre o sistema arquitetônico e o sistema estrutural, fazendo com que nenhum destes interfiram um com o outro ou com os espaços de circulações (caminhos horizontais e verticais).

## 2.2 Modelagem Paramétrica

Definisse modelagem paramétrica como uma representação matemática dentro de um software específico para realizar a função. Os objetos representados podem ser inanimados ou vivos. O produto final é muitas vezes chamado de produto tridimensional (EASTMAN *et al.*, 2014).

Em qualquer projeto de engenharia, existem especificações próprias, por tanto se faz necessário a utilização de tecnologia que atenda essas características. Conforme Eastman *et al.* (2014), os parâmetros na modelagem paramétrica são totalmente customizáveis e, portanto, podem atender quaisquer tipos de situações impostas. Ainda conforme Eastman *et al.* (2014), as empresas podem e devem criar suas próprias famílias com parâmetros específicos para poder atender todos os tipos de projetos.

## 2.3 Metodologia BIM

Para Eastman *et al.* (2014) BIM é a projeção digital precisa de uma obra, que quando finalizado, trará todas as informações relevantes para a execução da obra. Portanto, a metodologia BIM pode auxiliar de forma digital e precisa todas as etapas de uma obra, tornando-a mais eficiente. Por se tratar de um modelo digital em 3D, a integração de todos os projetos é um dos maiores recursos desta metodologia.

Além disso, para se obter bons resultados, a empresa precisa estar preparada não só tecnologicamente mas também precisa investir em conhecimento, pois é uma metodologia que exige alto grau de conhecimento para que seja implementada de forma correta (EASTMAN *et al.*, 2014).

Lima (2014) descreve BIM como a criação digital de uma edificação que reúne todas as informações necessárias para executar a obra. Segundo a Alto QI (2020), a metodologia BIM é classificada conforme seu grau de implementação, podendo variar de BIM 2D até BIM 8D, como segue:

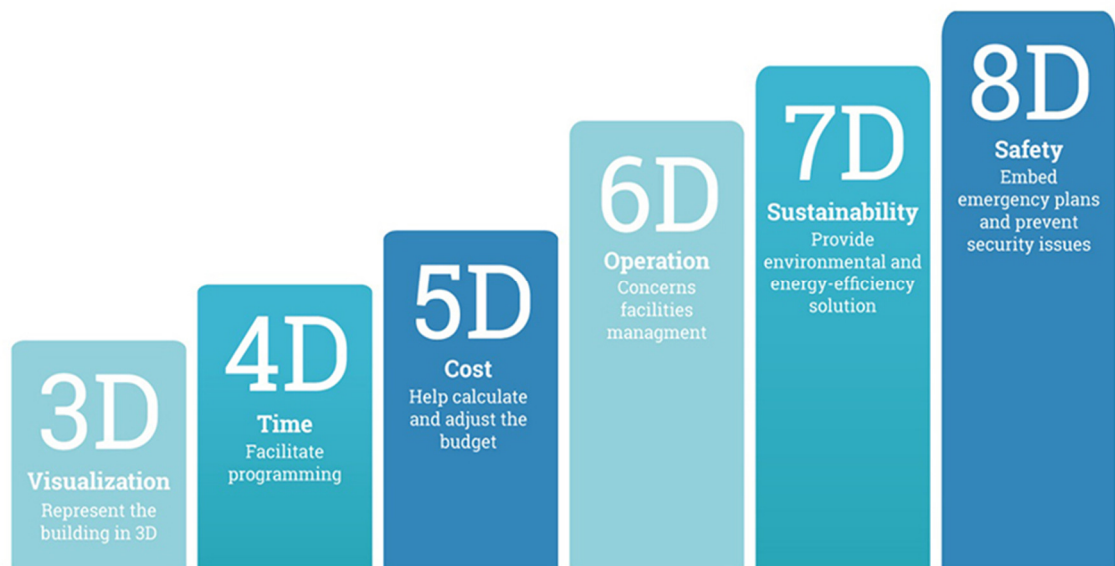
- **BIM 2D:** é o tradicional modelo representativo em duas dimensões.
- **BIM 3D:** é o modelo paramétrico em 3 dimensões da representação fiel da obra como um todo. Este modelo, possui informações sobre as

demais etapas do projeto. Podemos, com esse modelo paramétrico, realizar compatibilização de projetos e verificar possíveis problemas.

- As demais implementações que são chamadas de 4D, 5D, 6D, 7D e 8D possuem características tais como tempo e planejamento de execução de obra, orçamento, sustentabilidade, manutenção, operação e segurança. Neste trabalho será abordado apenas o BIM 3D.

A Figura 1 apresenta graficamente as fases da metodologia BIM desde o 3D até o 8D.

Figura 1 - Representação gráfica das fases da metodologia BIM



Fonte: TelgeProjects<sup>1</sup>

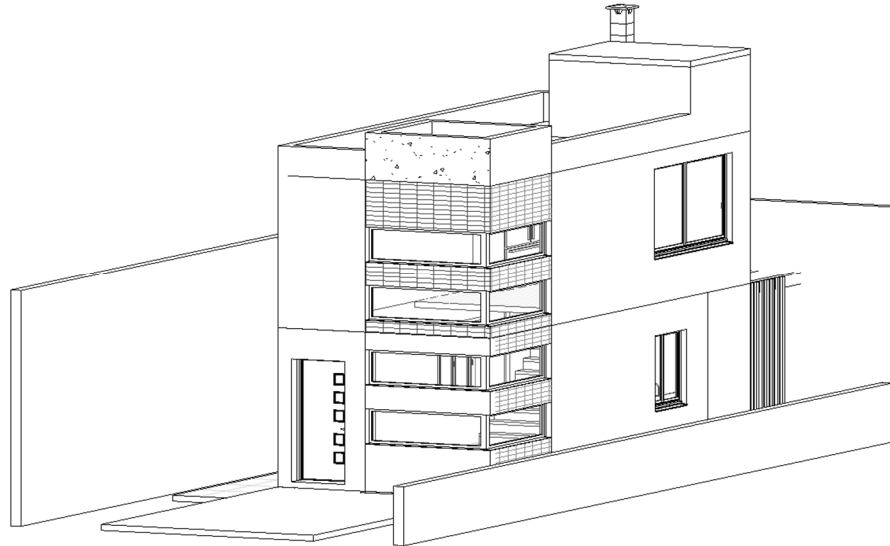
Segundo Eastman *et al.* (2014) a utilização da metodologia BIM traz benefícios em todas as etapas de um projeto. Destaca-se aqui as vantagens no projeto:

- Pré-visualização do projeto e maior precisão de detalhes: o software usado gera uma modelagem totalmente em 3D (Figura 2), ou seja, evitam-se erros comuns que aconteciam ao se fazer a simples

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://telgeprojects.com/bim-co-ordination/>>. Acesso em out. 2020.

sobreposição de desenhos 2D (EASTMAN et al., 2014).

Figura 2 - Exemplo de modelagem arquitetônica realizada no Revit



Fonte: própria

- **Facilidade em alterações no projeto:** todos os objetos paramétricos que possuem configuração adequada a alinhamentos facilitam a inserção ou remoção no projeto (EASTMAN *et al.*, 2014). Pode-se citar como exemplo uma família de portas, quando devidamente configuradas, ao se inserir a porta na parede, será feita de forma automática a abertura da mesma além do alinhamento com a parede.
- **Desenhos 2D de alta precisão:** podem ser extraídos vistas em 2D com alto grau de detalhamento de qualquer ângulo e fase do projeto. Graças a essa característica, modificações podem ser feitas a qualquer momento, tornando a projeção da obra mais rápida e com menos erros (EASTMAN *et al.*, 2014). Como exemplo, pode-se citar a alteração de uma janela em planta baixa, todas as demais vistas receberão estas modificações de forma automática, não havendo a necessidade de se fazer uma revisão e possíveis alterações em cada vista.
- **Compatibilização entre projetos de forma mais rápida e eficiente:** embora a compatibilização de projetos de forma tradicional, utilizando



desenhos em 2D seja possível, é um processo mais lento e dispendioso do que utilizando softwares que coordenam desenhos em 3D e verificam de forma automática todas as incompatibilidades (EASTMAN *et al.*, 2014).

- **Facilidade na quantificação de materiais:** utilizando a metodologia BIM tem-se desenhos paramétricos, todos os materiais e áreas utilizados na modelagem serão quantificados de forma automática (EASTMAN *et al.*, 2014).
- **Obtenção de estimativa de custos mais preciso:** um projeto feito utilizando a tecnologia BIM proporciona valores finais de custos mais precisos do que de forma tradicional. No início de um projeto os custos são feitos utilizando o metro quadrado, contudo, ao longo da modelagem paramétrica do projeto, temos a obtenção de valores unitários de todos os objetos inseridos. Com isso, obtêm-se os valores totais de todos os materiais que deverão ser utilizados para a execução. Assim, cada etapa poderá ser planejada de forma mais eficiente e todos os envolvidos na obra terão informações sobre seus custos (EASTMAN *et al.*, 2014).

Para que todas as vantagens já citadas utilizando a metodologia BIM sejam de fato empregadas, se faz necessário todo um conhecimento sobre todos os softwares envolvidos e sobretudo, colaboração de todos os profissionais nos mais diversos projetos. Por isso, é fundamental que a empresa que deseja implementar a metodologia BIM deva investir sobre tudo em conhecimento para sua equipe, assim todos saberão exercer com maior eficiência suas funções utilizando as novas tecnologias. Sem o devido treinamento se torna impossível o aproveitamento ideal desta metodologia, podendo acarretar em prejuízos a empresa (ASBEA, 2020).

## 2.4 BIM no Brasil

No Brasil, conforme o Decreto Nº 10.306 de Abril de 2020:

Estabelece a utilização do Building Information Modelling na

execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 (Brasil, 2020).

Conforme o Decreto Nº 10.306, a implementação será gradual, divididas em fases estabelecidas:

- **Primeira fase:** a partir de 1º de janeiro de 2021 a metodologia BIM deverá ser implementada para o desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura, tanto em construções novas, ampliações ou reformas que devem incluir projetos estruturais, elétricos, instalações de aquecimento, ar condicionado, ventilação e arquitetônico. Além disso, deverão ser gerados quantitativos e geração de plantas técnicas.
- **Segunda fase:** a partir de 1º de janeiro de 2024, além das implementações já feitas, serão contempladas nesta etapa o orçamento, o planejamento, o controle da execução das obras e a atualização gráfica da obra no sistema pós construção (as built) que foram executadas com o sistema BIM.
- **Terceira fase:** a partir de 1º de janeiro de 2028, contemplando as implementações das demais fases, também será adicionado o gerenciamento e a manutenção da obra após sua construção.

A normalização da utilização do BIM no Brasil é de responsabilidade da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134) e em seu acervo encontram-se inúmeras normas técnicas (ABNT, 2020), das quais pode-se verificar no Quadro 1.

Quadro 1 - Normas e Objetivos da ABNT com relação ao BIM

Norma	Objetivo
ABNT NBR 15965-1: 2011 – Sistema de classificação da informação da construção parte 1: terminologia e estrutura.	“[...] define a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil” (ABNT, 2011, p. 1).
ABNT NBR 15965-2: 2012 - Sistema de classificação da informação da construção parte 2: características dos objetos da construção.	“[...] define as terminologias, o sistema de classificação e os grupos de classificação relativos às características dos objetos da construção” (ABNT, 2012, p. 1).
ABNT NBR 15965-3: 2014 - Sistema de classificação da informação da construção parte 3: processos da construção.	“[...] classificação que define os processos da construção, para aplicação na tecnologia de modelagem da informação da construção, pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)” (ABNT, 2014, p. 1).
ABNT NBR 15965-7: 2015 - Sistema de classificação da informação da construção parte 7: Informação da construção.	“[...] define as informações (ou dados referenciados e utilizados durante o processo de criação e manutenção de um objeto construído) para aplicação na tecnologia de modelagem da informação da construção, pela indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC)” (ABNT, 2015, p. 1).

<p>ABNT NBR ISSO 12006-2: 2018 – Construção de edificação – Organização de informações da construção. Parte 2: Estrutura para classificação.</p>	<p>“[...] identifica um conjunto de títulos de tabelas de classificação, recomendadas para uma variedade de classes de objetos da construção, de acordo com pontos de vista diversos e particulares [...]” (ABNT, 2018, p. 1).</p>
<p>ABNT NBR ISSO 16757-2: 2018 – Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais. Parte 2: Geometria.</p>	<p>“[...] descreve a modelagem geométrica de produtos para sistemas prediais. A descrição é otimizada para o intercâmbio de dados de catálogo de produtos [...]” (ABNT, 2018, p. 1).</p>
<p>ABNT NBR ISSO 16757-1: 2018 – Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais. Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo.</p>	<p>“[...] fornecer uma estrutura de dados para catálogos eletrônicos de produtos, a fim de transmitir dados de produtos de instalações prediais, automaticamente, para modelos de aplicativos para sistemas prediais [...]” (ABNT, 2018, p. 1).</p>
<p>ABNT NBR ISSO 16354: 2018 – Diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos;</p>	<p>“[...] distinguir as categorias de bibliotecas de conhecimento e estabelecer as bases para estruturas uniformes e conteúdo destas bibliotecas assim como a uniformização de seu uso.” (ABNT, 2018, p. 1).</p>

Fonte: própria (2020)

Segundo Luke (2019) alguns setores do meio público já começaram a adotar a metodologia BIM em suas obras:

- Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE): nas rodovias federais que compreendem os 55.000 km estima-se um total de 8.000 obras de artes. O PROARTE é o sistema BIM adotado pelo DNIT para a gestão de manutenção e reabilitação em Obras de Artes Especiais (OAEs) (LUKE, 2019).
- Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS): para melhorar a gestão dos recursos públicos, agilizar os processos em execução e aperfeiçoar processos o exército brasileiro criou o OPUS. O sistema OPUS tem as características da metodologia BIM e é utilizado para o planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização, controle, gerência e execução de obras e serviços de engenharia de todas as atividades dos macroprocessos analíticos do sistema de obras militares (DOM, 2020).
- Infraero e BIM: a Infraero, sendo uma das três maiores operadoras aeroportuárias do mundo, está implantando a metodologia BIM por meio do sistema AECOsim, provido pela empresa Bentley. A parceria tem como objetivo a digitalização completa do aeroporto Governador José Richa, localizado em Londrina, no estado do Paraná e será um modelo para os outros 54 aeroportos sob responsabilidade da Infraero auxiliando no processo de gestão e manutenção das obras (MUNDOGEO, 2018).

## 2.5 Revit

Segundo Lima (2014) Revit pode ser definido como um software de desenho onde todas as alterações podem ser feitas de maneira instantânea em qualquer vista do projeto e estas alterações serão observadas imediatamente.

O software Revit é um dos poucos programas no mercado disponível atualmente que proporciona um total controle do projeto em um único arquivo. Com o Revit o projetista tem todas as informações do projeto no mesmo ambiente de trabalho, com isso torna-se muito prático fazer alterações em

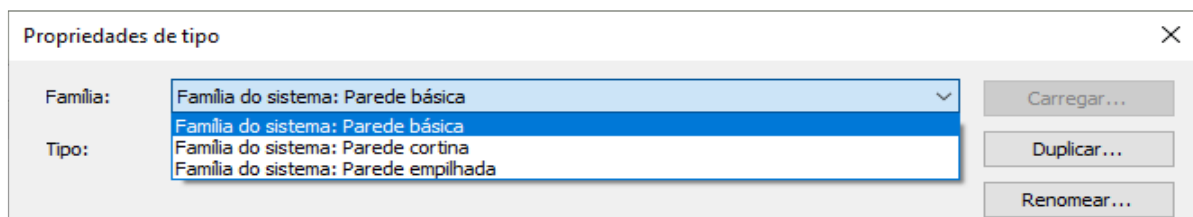
qualquer vista do projeto: planta baixa, cortes, fachadas, tabelas de quantitativos, pranchas, etc (LIMA 2014).

Cada elemento no Revit está agrupado no que é chamado de Famílias. O Revit trabalha com sistema de Famílias para organizar todos os elementos que compõem o projeto. Temos famílias de portas, janelas, paredes, lajes, etc. Todos os elementos nestas famílias são paramétricos, portando, quaisquer alterações em seus valores serão automaticamente representadas tridimensionalmente em todas as vistas do projeto. Além disso, as Famílias tem capacidade de interação entre si, facilitando a inserção de portas e janelas em paredes (LIMA, 2014).

Pode-se dividir as Famílias no Revit em três tipos:

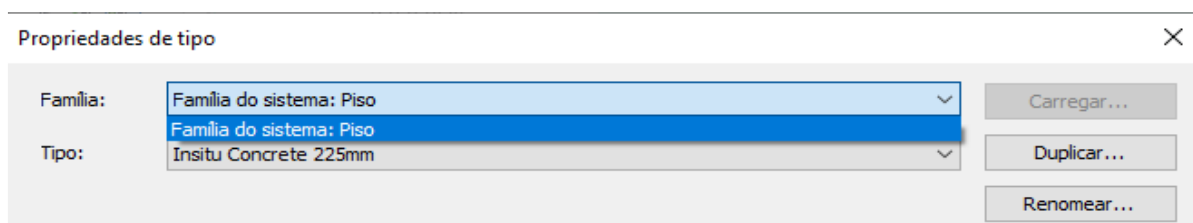
- Famílias padrão: são famílias do próprio sistema, ou seja, ao criar um novo projeto elas já se encontram prontas para serem utilizadas. Estas Famílias não podem ser deletadas, mas podemos alterar suas propriedades tais como espessuras, camadas, materiais que a compõem, além de criar novas Famílias a partir das Famílias padrões (LIMA, 2014). Nas Figuras 3 e 4 tem-se exemplos de paredes e pisos padrões.

Figura 3 - Exemplos de Famílias do sistema - Parede



Fonte: própria (2020)

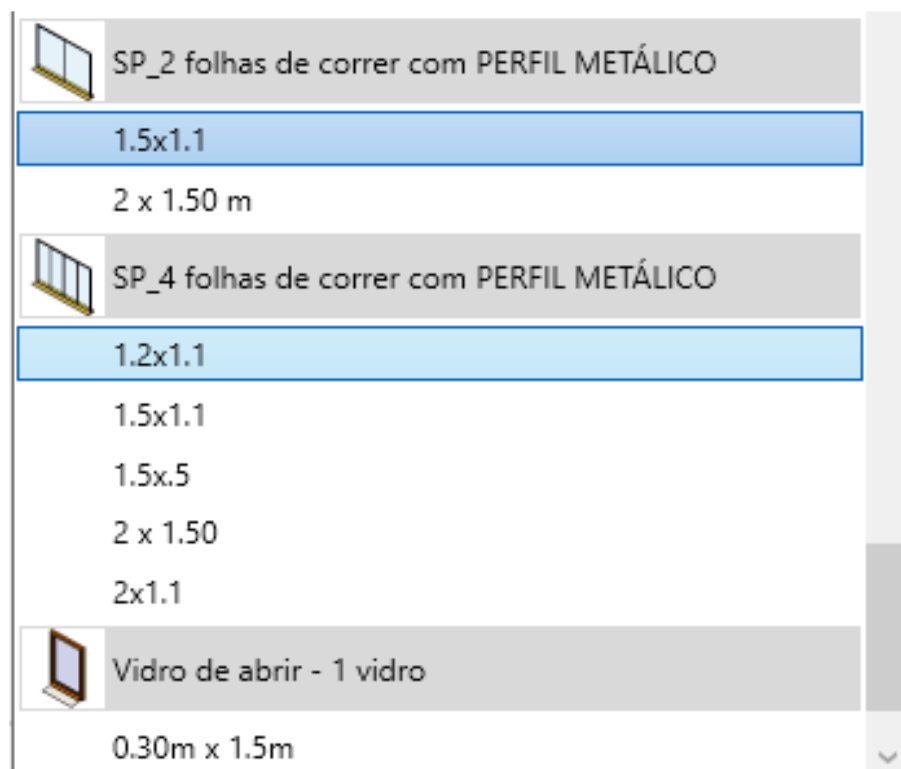
Figura 4 - Exemplos de Famílias do sistema - Piso



Fonte: própria (2020)

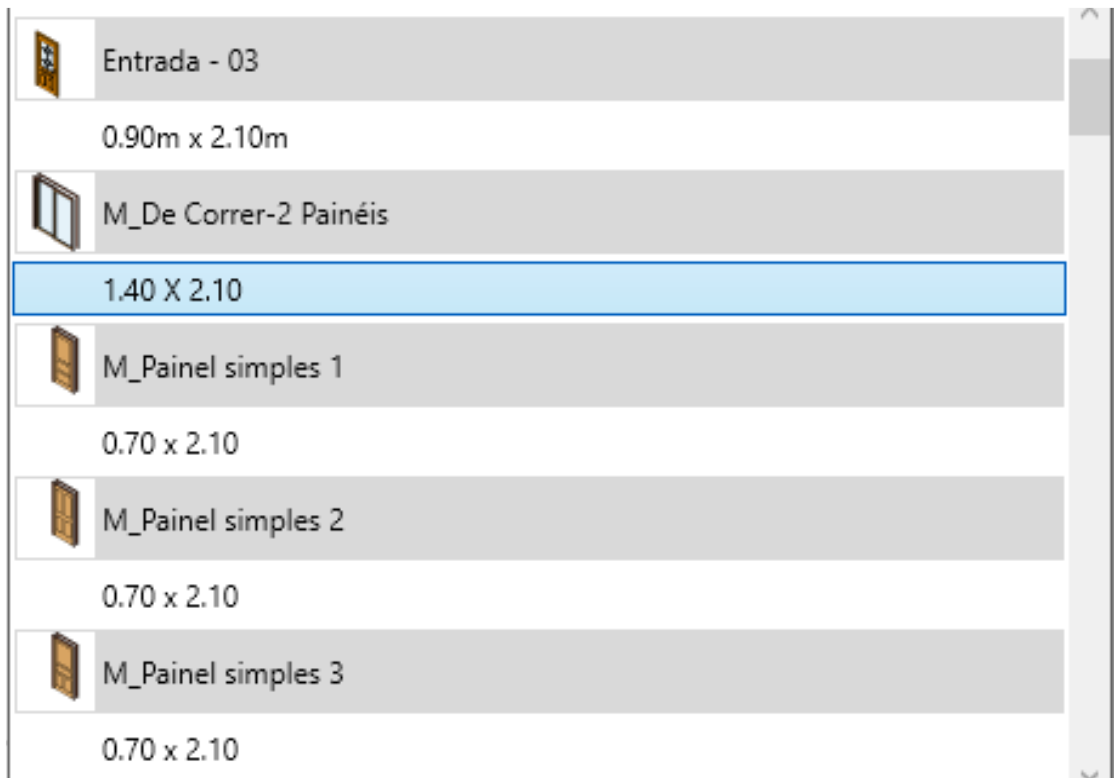
- Famílias importadas: são famílias externas, que podem ser criadas utilizando um modelo padrão do Revit ou baixadas de algum fornecedor na web, como portas e janelas de uma marca específica. Na Figura 5 tem-se dois exemplos de Famílias de janelas que foram carregadas no Revit, ambas com inúmeras variações de tamanhos que podem ser alteradas a qualquer momento (LIMA, 2014). A Figura 6 apresenta exemplos de *famílias* de portas importadas.

Figura 5 - Exemplos de Famílias carregadas - Janelas



Fonte: própria (2020)

Figura 6 - Exemplos de Famílias carregadas - Portas



Fonte: própria (2020)

- Famílias locais: são Famílias criadas diretamente no projeto, não podendo ser utilizadas em outros projetos, comumente criadas para casos específicos do projeto (LIMA, 2014).

## 2.6 Navisworks

O Navisworks é um software de gerenciamento de projetos, complementar aos demais softwares BIM do mercado (Autodesk Revit, AutoCAD), que auxilia na gestão dos inúmeros projetos que compõem uma obra (AUTODESK, 2020).

O Software Navisworks foi desenvolvido pela Autodesk para que profissionais da construção civil pudessem ter um maior controle sobre todas as etapas, projeto, construção e manutenção, utilizando todas as informações agregadas na utilização da metodologia BIM, podendo prever e evitar problemas (FARIAS, 2020).



Principais funcionalidades:

- Coordenação: etapa considerada BIM 3D, com a integração de todos os projetos em 3D pode-se realizar vistorias em todas as vistas, fazer diversas medições, produzir animações e renderização de fotos realistas (Figura 7), criar anotações e realizar compatibilização de projetos com a função “*clash detection*” (FARIAS,2020).

Figura 7 - Exemplo de renderização no Navisworks

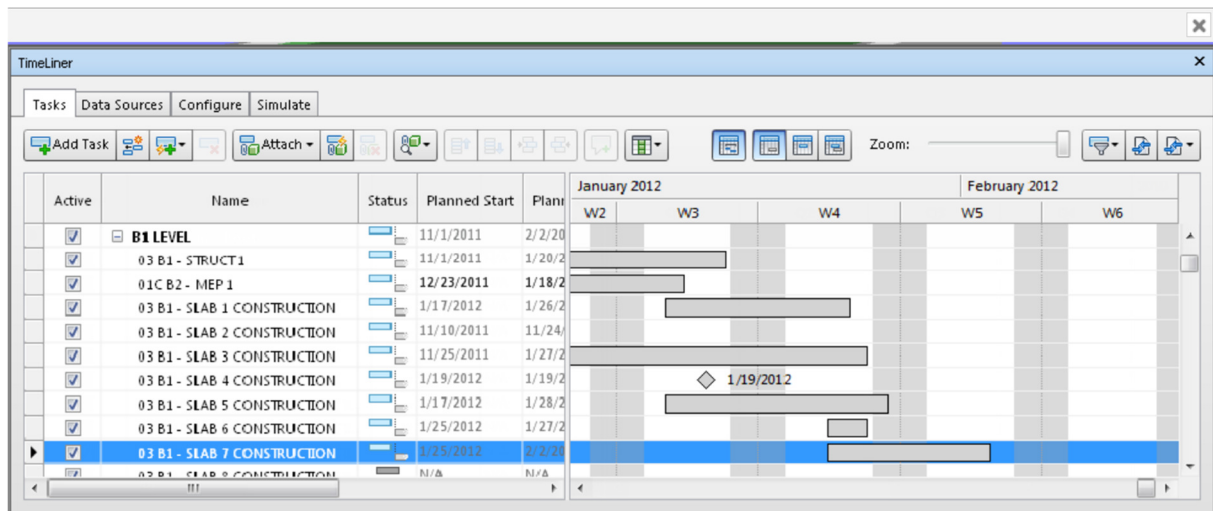


Fonte: Autodesk<sup>2</sup>

- Planejamento: conforme são inseridos dados de cálculo e componentes construtivos, tem-se uma maior precisão de todas as etapas construtivas podendo ser geradas simulações e ser previsto possíveis desvios de cronograma (SPBIM, 2020). Esta etapa é chama de BIM 4D. A Figura 8 mostra um exemplo de tabela de cronograma no Navisworks.

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/PTB/Navisworks-Manage/files/GUID-83615725-6E82-461E-96CE-D739EC42E065-htm.html>>. Acesso em set. 2020.

Figura 8 - Exemplo de cronograma de etapas



Fonte: Autodesk<sup>3</sup>

- Custos: etapa chama de BIM 5D, conforme são inseridas todas as informações provenientes das demais etapas, tem-se ao final a geração de custos e medições detalhada no formato de tabelas de todo o projeto (SPBIM, 2020). A Figura 9 mostra um exemplo de tabela de custos.

Figura 9 - Exemplo de tabela de custos

WBS	Description	Quantity 1	Material Cost		Labor Cost		Total Cost	
			Unit cost	Total	Unit cost	Total		
Interiors.Interior Doors.Door, Single...	Door, Single-Flush Vision, 762 x ...	15,000 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Interiors.Interior Doors.Door, Single...	Door, Single-Flush Vision, 915 x ...	11,000 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Interiors.Interior Doors.Door, Single...	Door, Single-Flush, 762 x 2032mm	1,000 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Interiors.Interior Doors.Door, Single...	Door, Single-Flush, 915 x 2134 mm	9,000 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Interiors.Partitions	Partitions					35,43	43,24	78,68
Interiors.Partitions.Wall, Interior, 50 ...	Wall, Interior, 50 x 150mm Wood...	4,877 m				35,43	43,24	78,68
Materials.Finishes Gypsum Board, 1...	Gypsum Board, 16mm	9,449 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Materials.Thermal & Moisture Protec...	Insulation Fiberglass, Blanket, R-...	19,382 ea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Materials.Woods, Plastics & Compo...	2440mm Wood Studs 50 x 150mm	12,012 ea	2,95	35,43	3,60	43,24	78,68	
Interiors.Partitions.Wall, Interior, 108...	Wall, Interior, 108mm Cavity Wall	9,599 m		0,00		0,00	0,00	
Interiors.Partitions.Wall, Interior, 155...	Wall, Interior, 155mm Partition (2-...	117,043 m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Fonte: Autodesk<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/PTB/Navisworks-anage/files/GUID-91B08CFD-0B6B-4A2B-A853-BC8E173BA78C-htm.html>>. Acesso em set. 2020.

<sup>4</sup> Disponível em: <[https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-44\\_Apostila.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-44_Apostila.pdf)>. Acesso em set. 2020.

Neste trabalho foi utilizada a ferramenta *Clash Detection* do Navisworks para se realizar a compatibilização dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e estrutural.

## **2.7 AutoCAD**

“O AutoCAD® é um software CAD (projeto auxiliado por computador) que arquitetos, engenheiros e profissionais de construção utilizam para criar desenhos 2D e 3D precisos” (AUTODESK, 2020).

Com o AutoCAD pode-se realizar projetos técnicos de maneira fácil e intuitiva com geometrias em 2D ou modelos 3D. O AutoCAD é amplamente utilizado para se fazer plantas baixas, cortes, fachadas, projetos hidráulicos e elétricos (AMARAL, 2020).

Uma das maiores vantagens do AutoCAD é sua ampla compatibilidade com os mais variados softwares do mercado, facilitando a exportação dos arquivos gerados no AutoCAD ou a importação de arquivos realizados em outros softwares. Esta compatibilidade auxilia na comunicação entre diferentes equipes que possam estar trabalhando nos mais variados tipos de softwares (AMARAL, 2020).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Neste capítulo serão apresentados todos os procedimentos que foram realizados para atingir o objetivo proposto nesta pesquisa, ou seja, a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário de uma residência unifamiliar, executada na cidade de Alegrete, localizada a oeste do estado do Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia BIM.

#### **3.1 Planejamento da pesquisa**

Para atingir o objetivo de compatibilização de projetos foram utilizados os seguintes softwares, que foram adquiridos por este pesquisador nas versões de estudante:

- Autodesk AutoCAD 2020;
- Autodesk Revit 2020;
- Navisworks 2020.

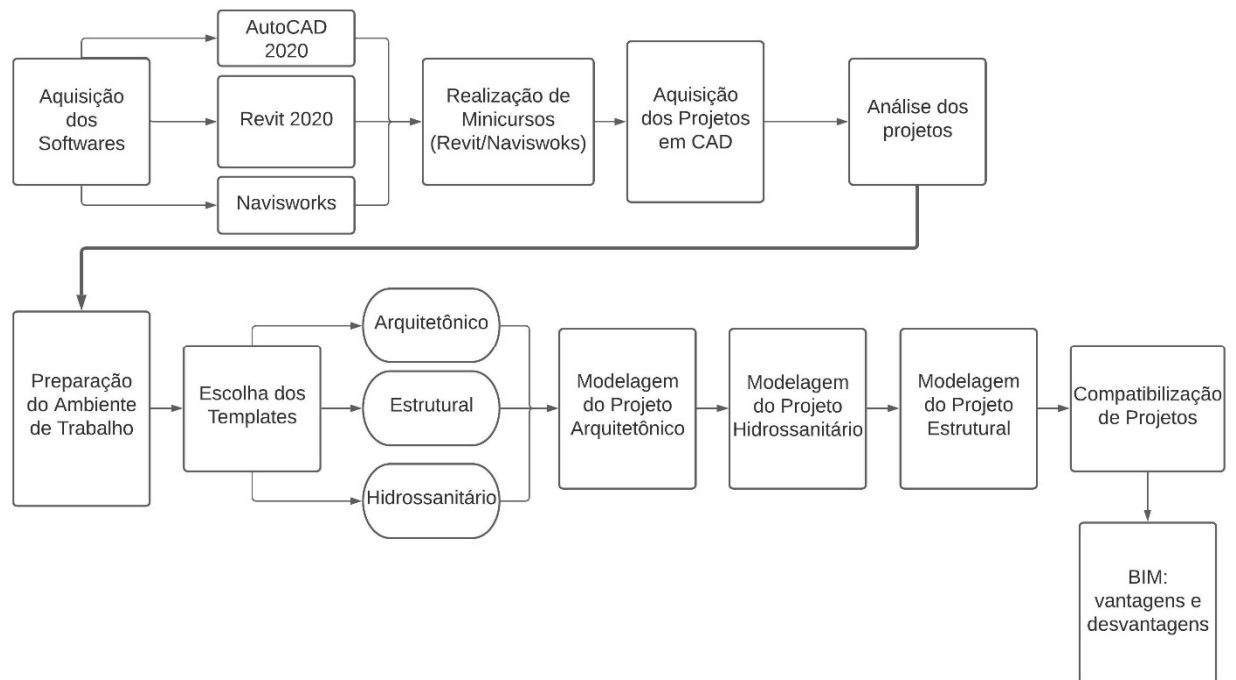
Foram obtidos os projetos da residência unifamiliar em formato DWG fornecidos pelo escritório de engenharia que o executou. Com isso, se inicializou a modelagem de todos os projetos no software Revit. Em seguida foram feitas as verificações de incompatibilidade de todos os projetos utilizando o software Navisworks.

Após a compatibilização de projetos, foram analisadas todas as incompatibilidades e sugeridas possíveis alternativas para solucioná-las. Por fim, foram destacadas todas as vantagens e desvantagens de se utilizar a metodologia BIM para a compatibilização de projetos.

#### **3.2 Etapas do desenvolvimento**

O desenvolvimento foi dividido nas etapas, conforme mostradas na Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma de desenvolvimento



Fonte: elaboração própria

### 3.2.1 Aquisição dos softwares: AutoCAD 2020, Revit 2020 e Navisworks

Para iniciar o estudo, foram feitas as obtenções de todos os *softwares* necessários, Autocad 2020, Revit 2020 e Navisworks 2020. Para se conseguir os *softwares* foi necessário realizar cadastro no site da Autodesk, que é a desenvolvedora dos *softwares*.

O cadastro foi efetuado na versão estudante, onde mediante comprovação, pode ser feita a utilização dos *softwares* de forma gratuita e ilimitada pelo período de 1 ano. Com a confirmação do cadastro, foi possível realizar os downloads e a instalação dos *softwares* no computador.

### 3.2.2 Realização de minicursos

Nesta etapa foram obtidos conhecimentos necessários para o desenvolvimento das atividades, tais como:

- Informações sobre compartilhamento entre diferentes projetos no

software Revit;

- Informações sobre a função “clash detection” do software Navisworks.

Estas informações foram obtidas através de vídeo-aulas, cursos e minicursos que foram assistidos.

### **3.2.3 Aquisição dos projetos em DWG**

Nesta etapa foram obtidos os projetos em formato DWG. Para isso foi feito o contato com a empresa responsável que desenvolveu os projetos no software AutoCAD. A empresa forneceu os projetos arquitetônico e hidrossanitário no formato DWG. Os projetos estruturais tiveram que ser obtidos por meio de fotos das plantas plotadas pois os arquivos em formato DWG foram perdidos.

### **3.2.4 Análise dos projetos**

Nesta etapa os projetos adquiridos foram abertos no software AutoCAD 2020 e foram analisados para verificação preliminar.

Na verificação preliminar buscou-se analisar se todos os dados necessários se encontravam nos projetos assim como foi feita a exclusão de dados desnecessários. Dados considerados desnecessários:

- Símbolos;
- Blocos arquitetônicos;
- Cotas.

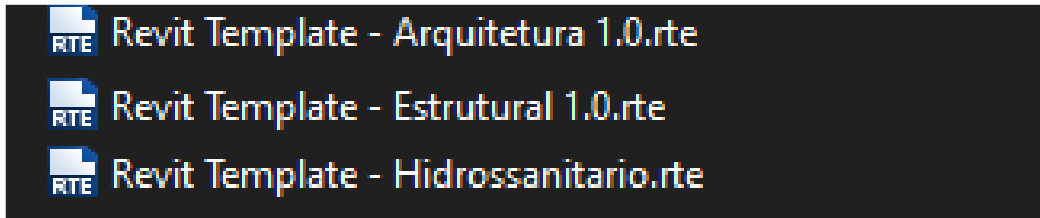
A exclusão de dados desnecessários é importante pois facilita na posterior modelagem já que torna o arquivo menos poluído e mais leve.

### **3.2.5 Preparação do ambiente de trabalho: escolha dos modelos**

Com os softwares devidamente instalados, foram selecionados modelos (templates) para cada modelagem no Revit. Os modelos contem *Famílias* pré-configuradas e facilitaram a modelagem de cada projeto. A

Figura 11 apresenta os modelos que foram utilizados.

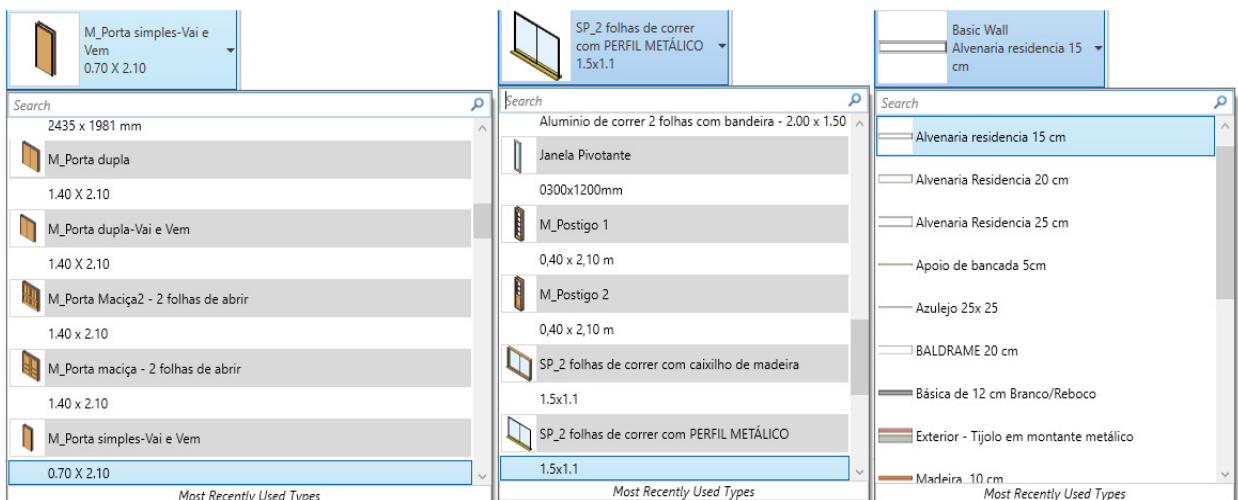
Figura 11 - Modelos que foram utilizados



Fonte: própria (2020)

O modelo arquitetônico foi construído pelo autor deste trabalho há alguns meses possuindo várias *famílias* de paredes, portas, janelas, símbolos e cotas necessárias para a modelagem do projeto arquitetônico. A Figura 12 apresenta algumas famílias que estão no modelo arquitetônico.

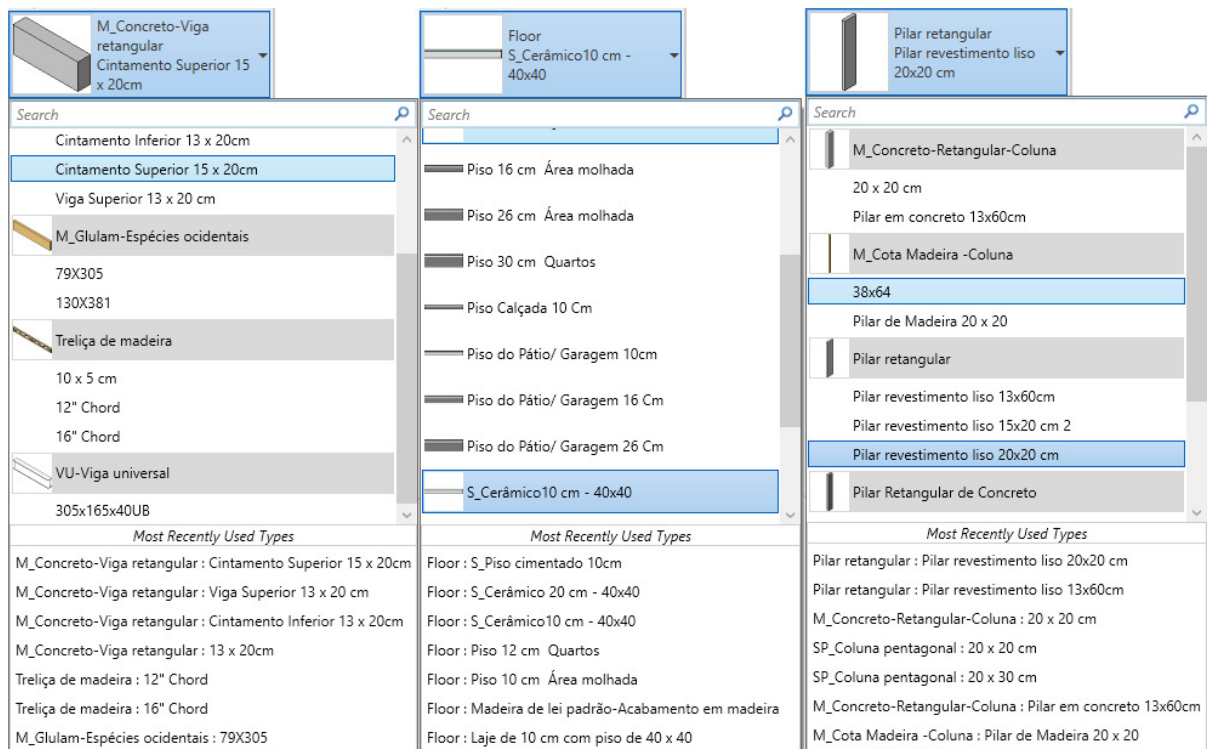
Figura 12 - *Famílias* presentes no modelo arquitetônico



Fonte: própria (2020)

O software Revit possui modelo estrutural que contém todas as *Famílias* necessárias para realizar este trabalho, portanto, a mesma foi utilizada. A Figura 13 apresenta algumas *Famílias* que o modelo estrutural possui.

Figura 13 - *Famílias* presentes no modelo estrutural

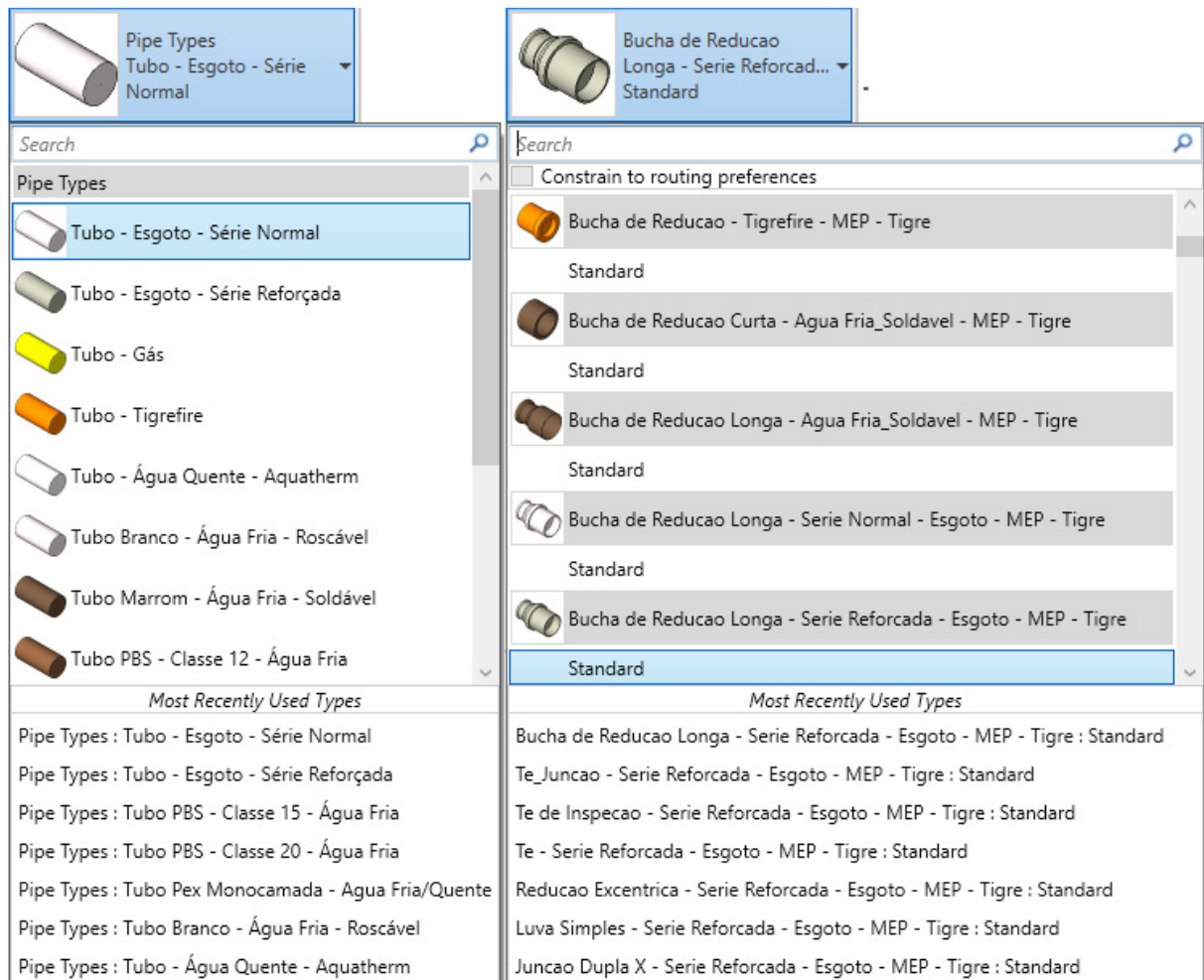


Fonte: própria (2020)

O modelo hidrossanitário foi o mesmo utilizado na disciplina de Instalações Hidráulicas Prediais. Este modelo foi construído nesta disciplina e possui *famílias* de tubulações e conexões que foram necessárias para realizar este estudo. A Figura 14 apresenta algumas *famílias* que se encontram no modelo hidrossanitário.



Figura 14 - *Famílias* presentes no modelo hidrossanitário



Fonte: própria (2020)

### 3.2.6 Modelagem do projeto arquitetônico

A modelagem do projeto arquitetônico foi realizada no software Revit 2020. Foi selecionado um modelo arquitetônico que contenha as principais *famílias*. As *famílias* de um projeto arquitetônico contem paredes, janelas e portas. Todas as *famílias* são paramétricas e, portanto, podem ser alteradas conforme a necessidade do projeto.

Após a escolha do modelo, se iniciou a modelagem utilizando como base a planta baixa arquitetônica em formato DWG, a partir do qual foram levantadas as paredes de alvenaria.

Cada parede de alvenaria foi configurada conforme descrito no memorial descritivo para retratar exatamente como foi executado o projeto. Em seguida, foram alocadas as janelas e portas, e conforme necessidade, foram criadas novas *famílias* de portas e janelas para suprir as necessidades do projeto.

### **3.2.7 Modelagem do projeto estrutural**

A modelagem do projeto estrutural foi realizada no software Revit 2020, utilizando o modelo estrutural padrão do Revit. Foi feita a vinculação do projeto arquitetônico previamente criado no Revit, para enfim, locar os elementos estruturais. Todos os elementos foram locados conforme as imagens obtidas a partir das plantas fornecidas.

No modelo estrutural encontram-se *famílias* de lajes, vigas e pilares. Foram criadas *famílias* específicas para atender as medidas do projeto a partir das *famílias* padrões do modelo escolhido.

### **3.2.8 Modelagem do projeto hidrossanitário**

O projeto hidrossanitário foi modelado no software Revit 2020, utilizando um modelo previamente criado que contém inúmeras *famílias* de tubulações. Foi feita a vinculação do projeto arquitetônico previamente criado no Revit, para posteriormente locar os elementos hidrossanitários conforme o projeto original.

### **3.2.9 Compatibilização de projetos**

A compatibilização dos projetos se deu através do software Navisworks 2020. Foi feita a vinculação dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário previamente modelados no software Revit 2020.

Utilizando a função *Clash Detection*, foram detectadas todas as incompatibilidades entre os três projetos citados. Ao final do processamento da função *Clash Detection*, foram gerados relatórios contendo todas as

incompatibilidades encontradas.

Com os relatórios foi possível verificar as incompatibilidades e suas razões assim como formular possíveis soluções.

### **3.2.10 BIM: vantagens e desvantagens**

Ao final do estudo, foi realizada uma análise para apontar vantagens e desvantagens encontradas na utilização da metodologia BIM para a compatibilização dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e estrutural.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

O projeto utilizado na análise deste estudo consiste em três plantas, arquitetônica, estrutural e hidrossanitário, de uma residência unifamiliar, localizada no município de Alegrete-RS. A área total construída é de 276,20 m<sup>2</sup>, dividida em dois pavimentos.

### **4.1 Caracterização dos projetos**

#### **4.1.1 Caracterização do projeto arquitetônico**

O pavimento térreo da edificação conta com as seguintes áreas:

- Sala de estar;
- Sala de jantar;
- Escadaria;
- Lavabo;
- Cozinha;
- Área de serviço;
- Garagem;
- Hall

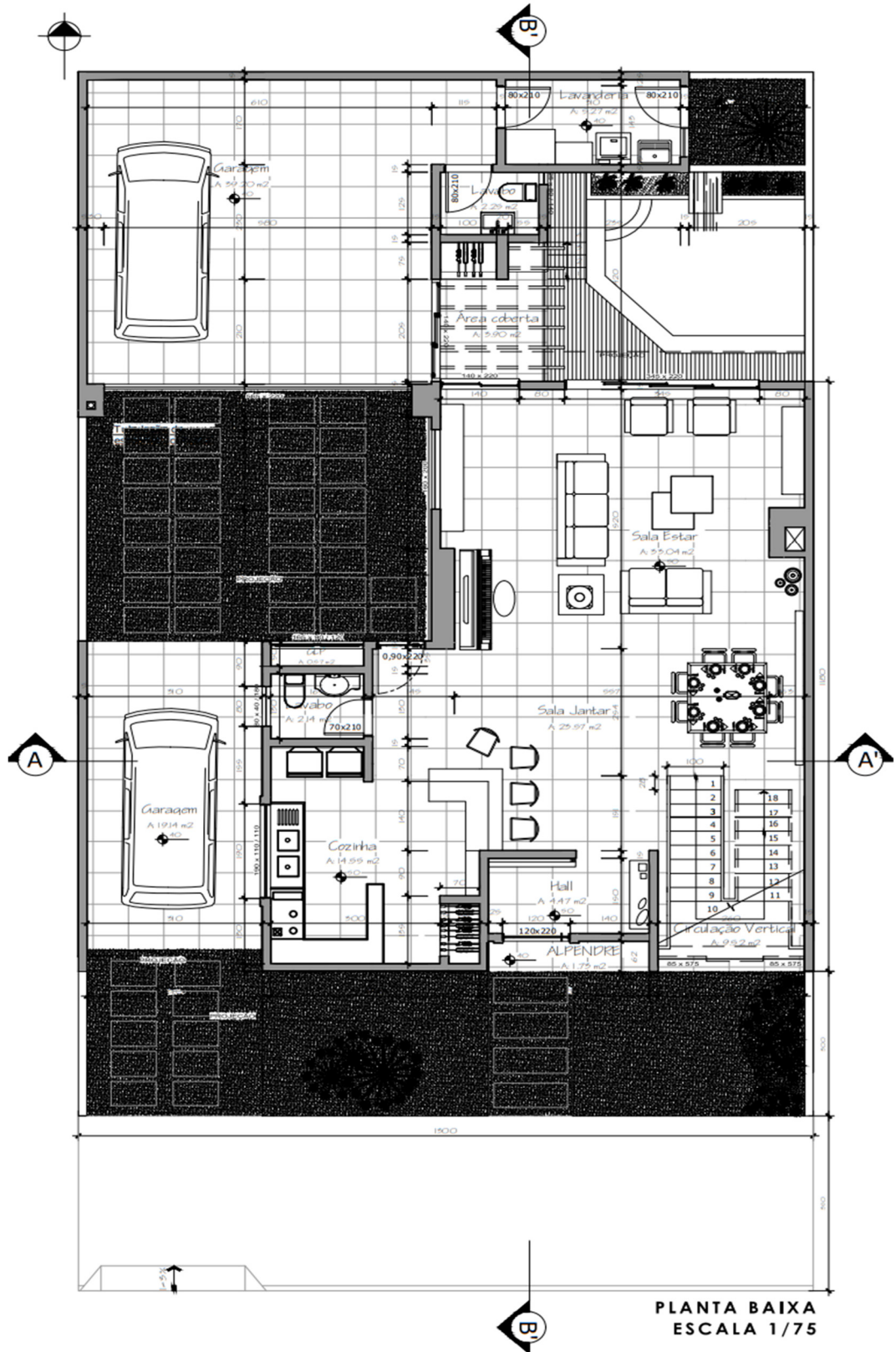
O segundo pavimento conta com as seguintes áreas:

- Circulação
- Dormitório casal/closet/banho casal;
- Dois dormitórios;
- Banho social;
- Living.

As Figuras 15 e 16 apresentam, respectivamente, a planta baixa dos

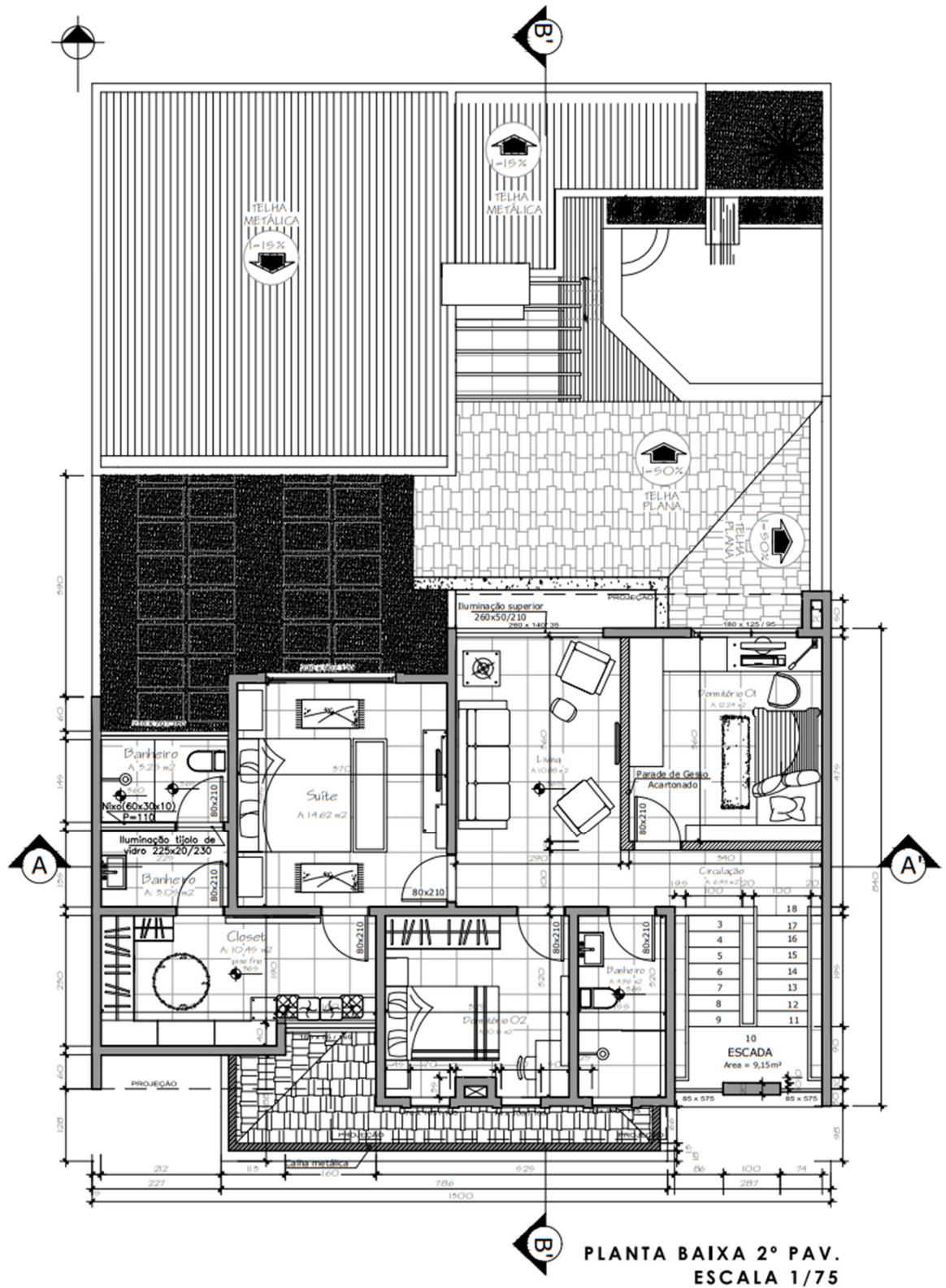
pavimentos térreo e superior, cedidas pela empresa responsável.

Figura 15 - Planta baixa do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 16 - Planta baixa do pavimento superior



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

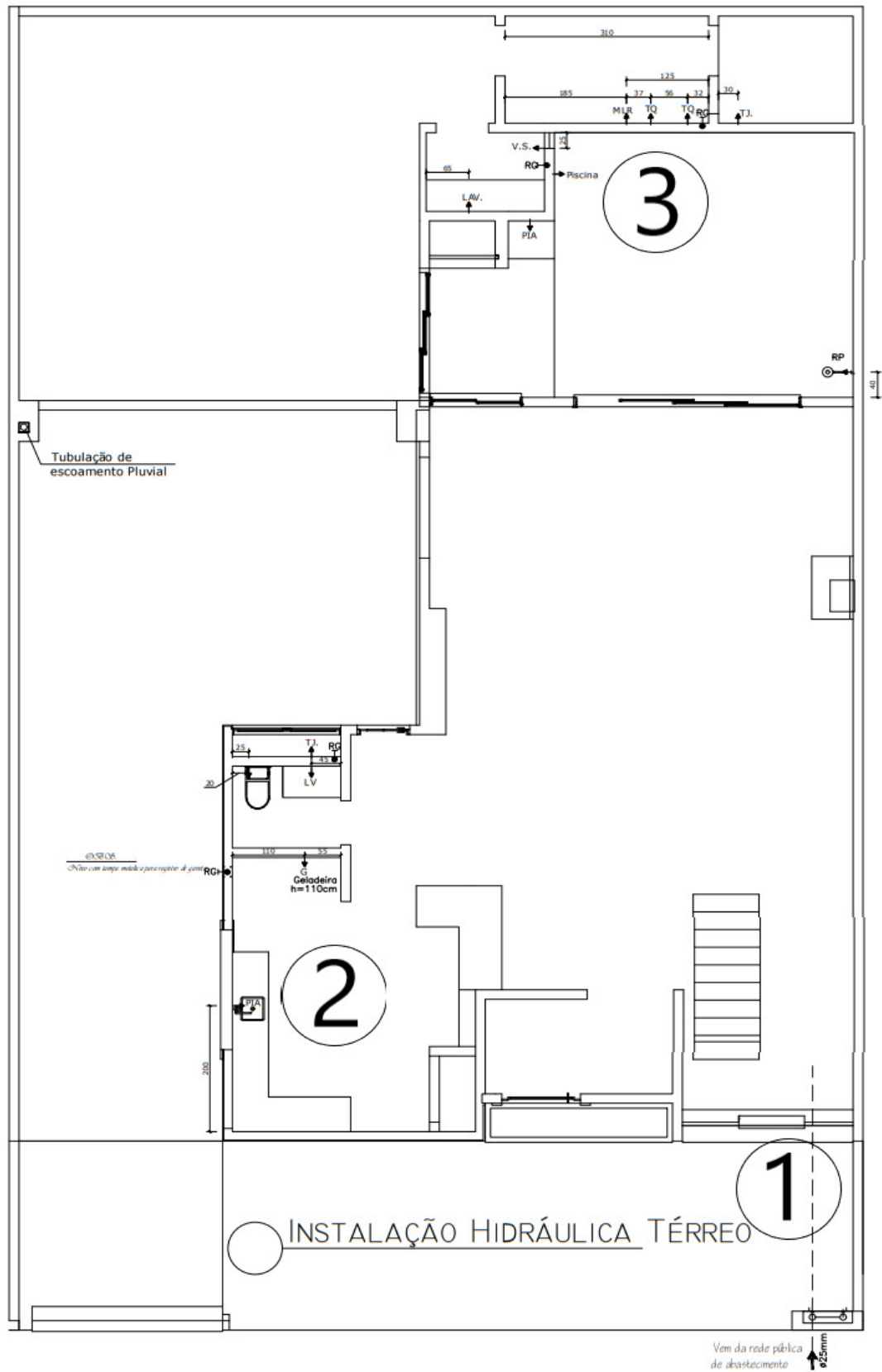
#### **4.1.2 Caracterização do projeto hidrossanitário**

O projeto hidrossanitário foi dividido nos seguintes tópicos, que serão abordados a seguir:

- Abastecimento de água: a edificação é servida pelo sistema público de abastecimento de água da companhia de saneamento CORSAN. A edificação é abastecida a partir de um reservatório superior, instalado na edificação, sendo utilizado tubos e conexões em PVC.
- Coleta e tratamento de esgoto: o esgoto sanitário da edificação é conduzido para tratamento no sistema fossa séptica e sumidouro, conforme consta no projeto. As tubulações são em PVC rígido, específicas para esgoto sanitário.

A Figura 17 mostra a planta hidráulica do pavimento térreo. Nas Figuras 18, 19 e 20 tem-se os detalhamentos aproximados das instalações.

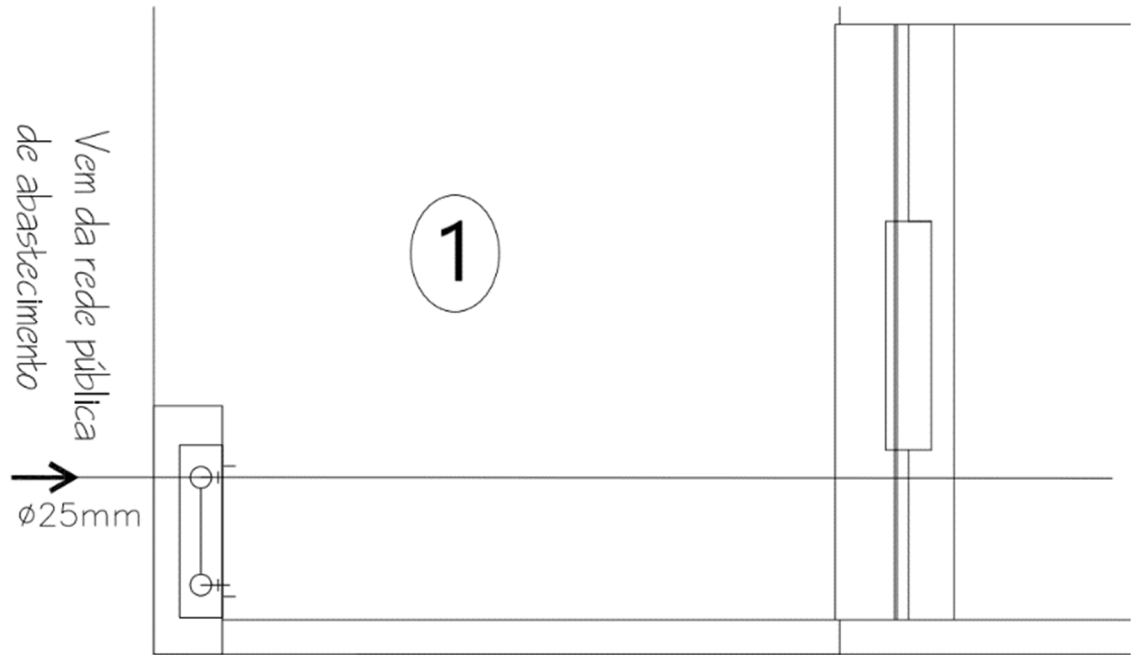
Figura 17 - Planta hidráulica do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

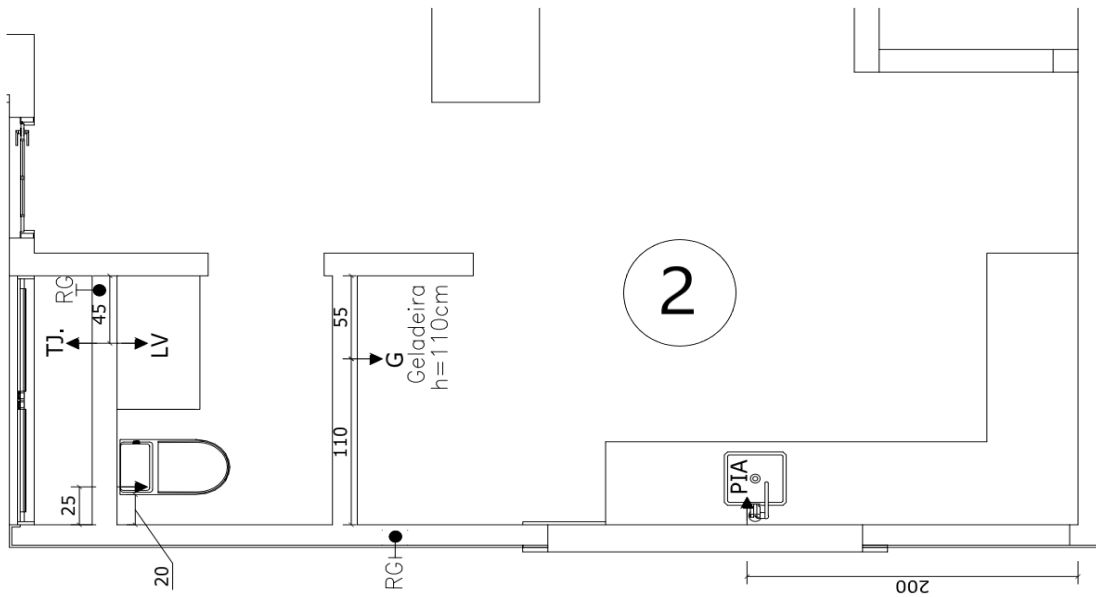


Figura 18 - Detalhamento 1 da planta hidráulica do pavimento térreo



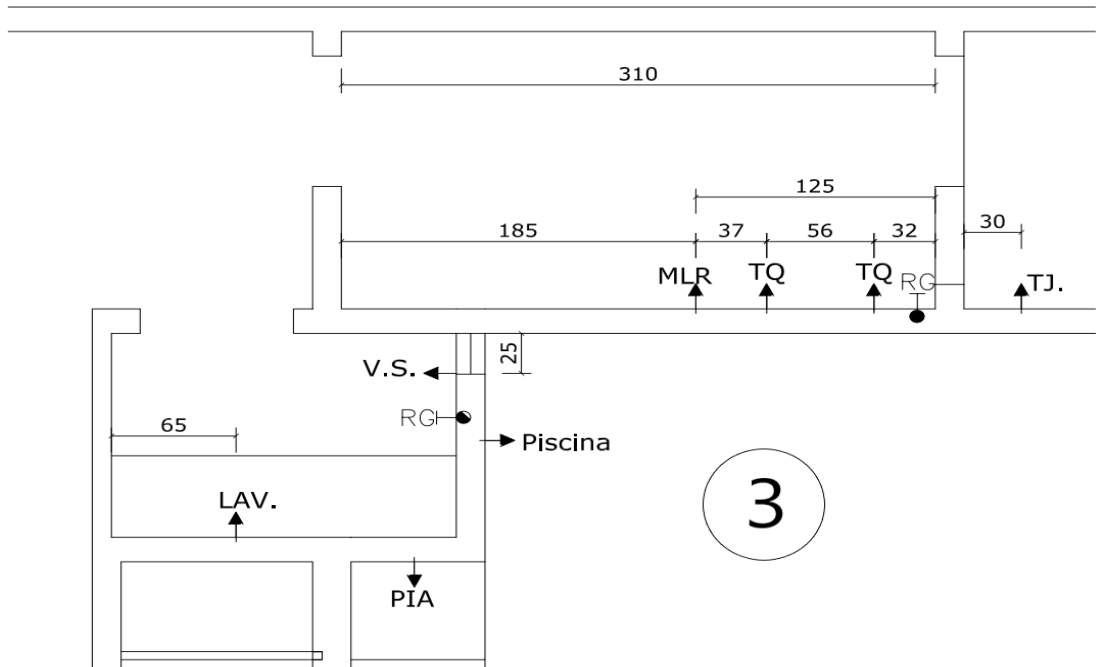
Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 19 - Detalhamento 2 da planta hidráulica do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

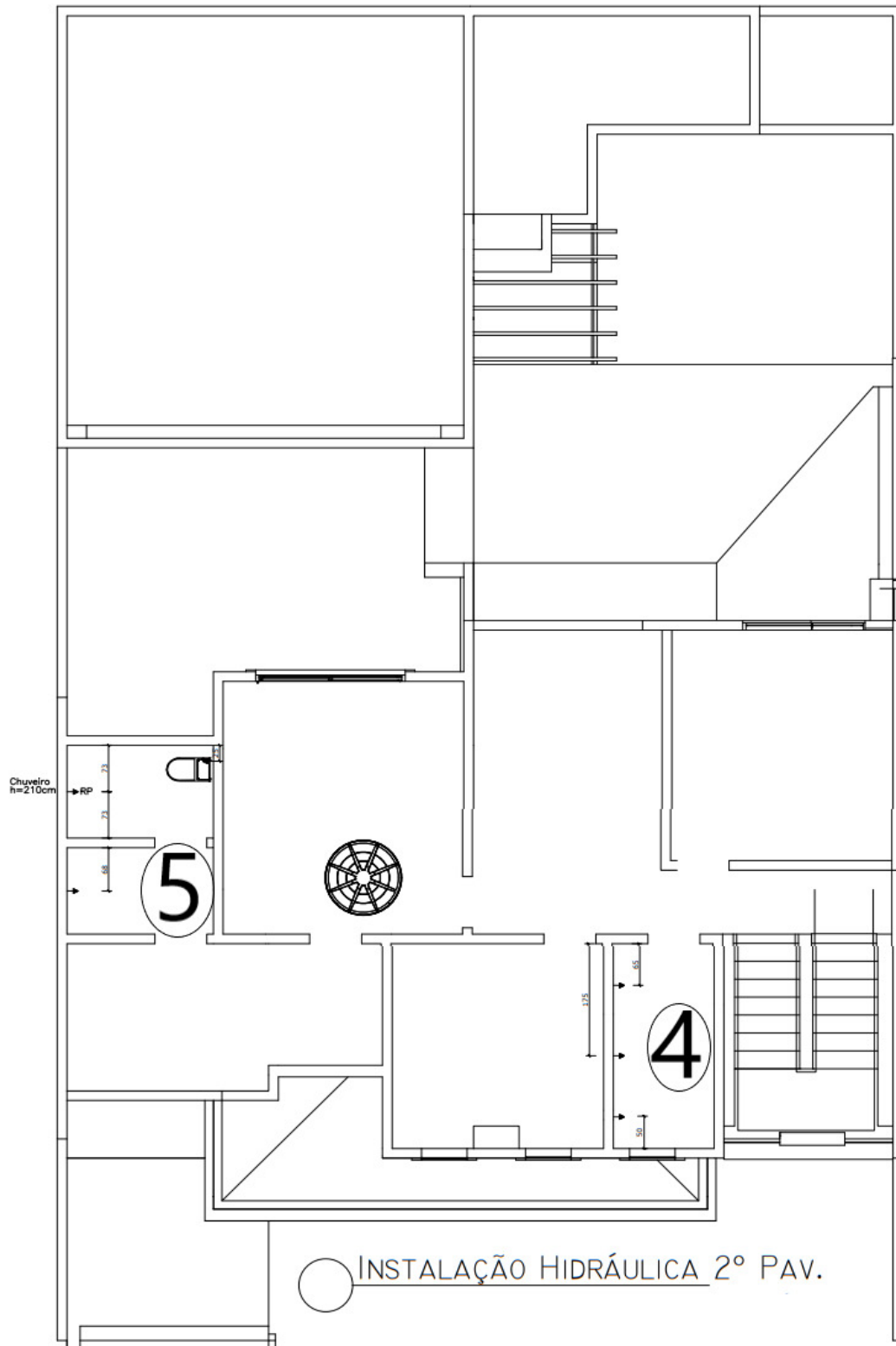
Figura 20 - Detalhamento 3 da planta hidráulica do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

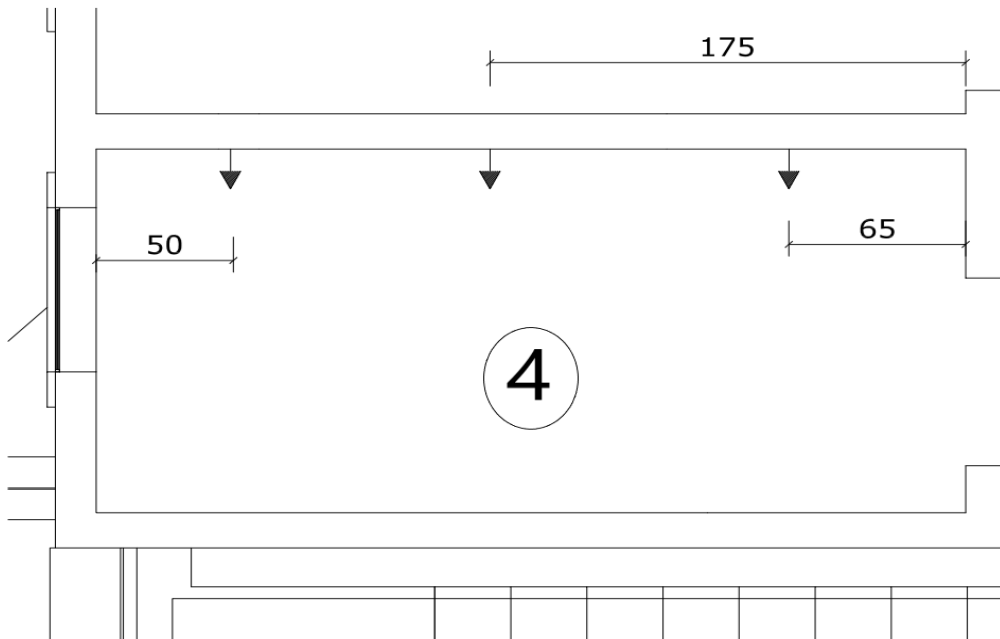
A Figura 21 mostra a planta hidráulica do pavimento superior. Nas Figuras 22 e 23 tem-se os detalhamentos aproximados das instalações.

Figura 21 - Planta hidráulica do 2º pavimento



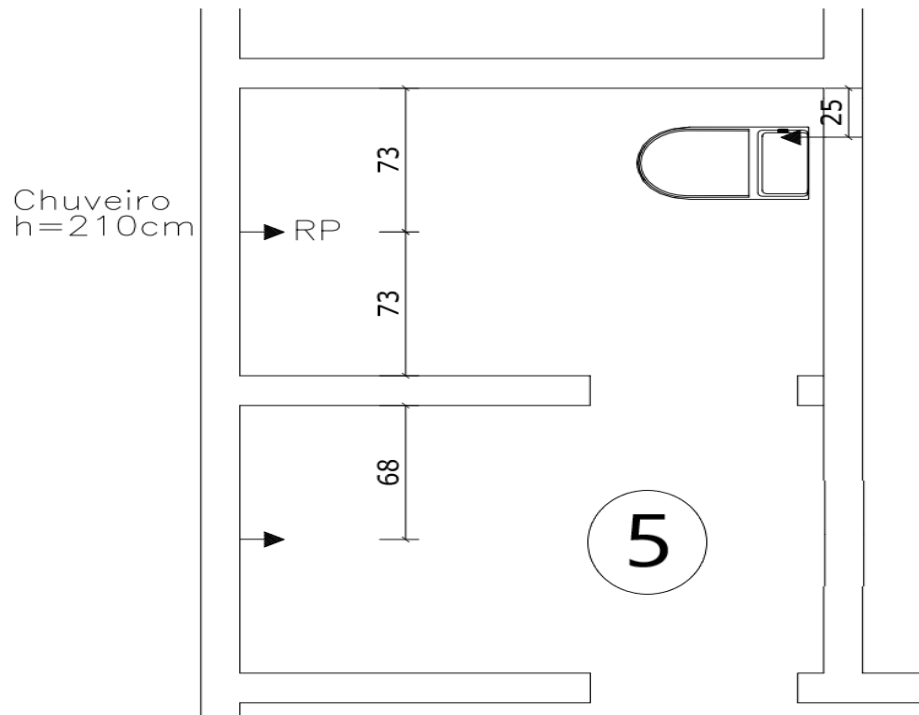
Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 22 - Detalhamento 4 da planta hidráulica do pavimento superior



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

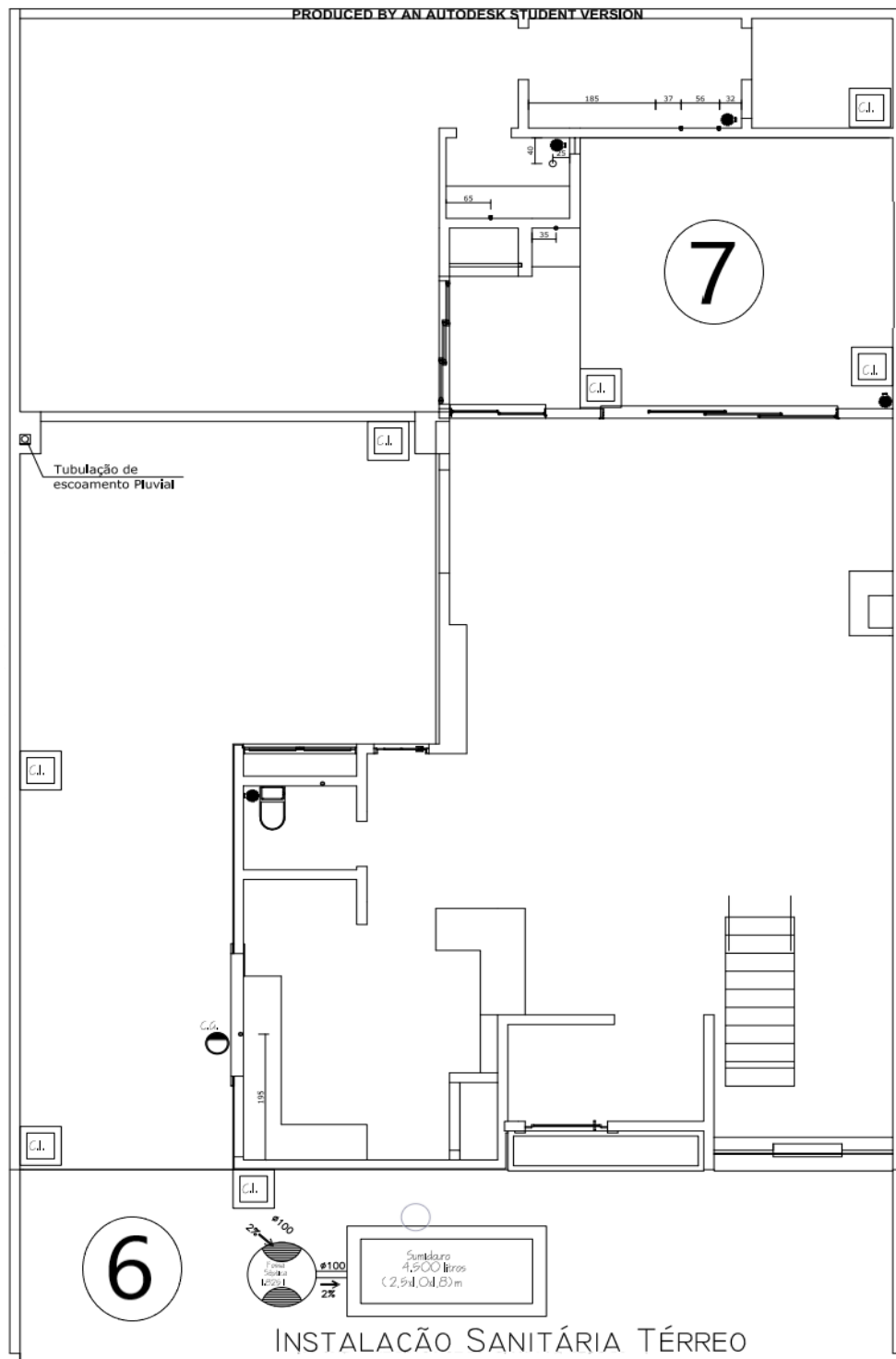
Figura 23 - Detalhamento 5 da planta hidráulica do pavimento superior



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

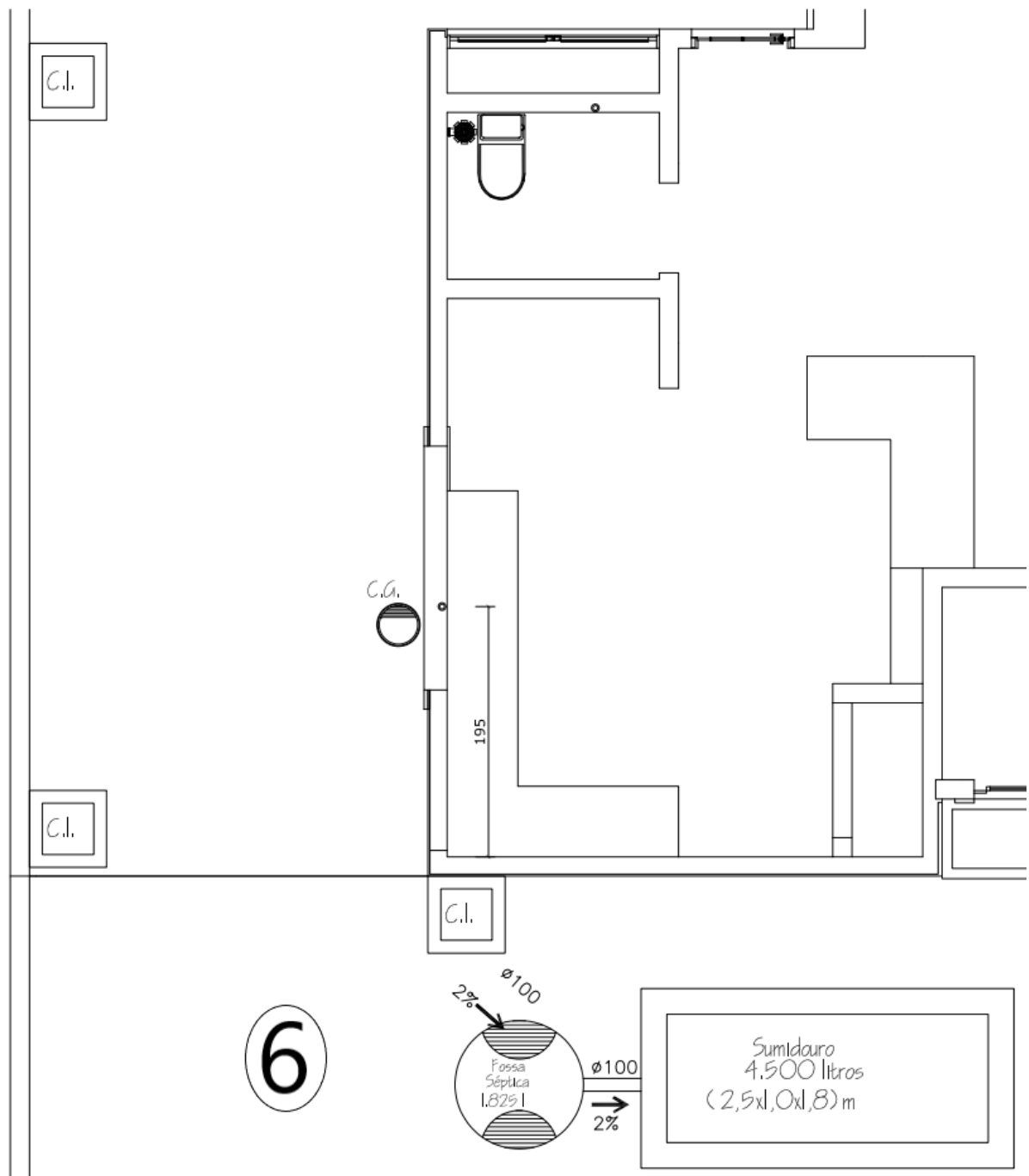
A Figura 24 mostra a planta sanitária do pavimento térreo. Nas Figuras 25 e 26 tem-se os detalhamentos das instalações aproximados.

Figura 24 - Planta sanitária do pavimento térreo



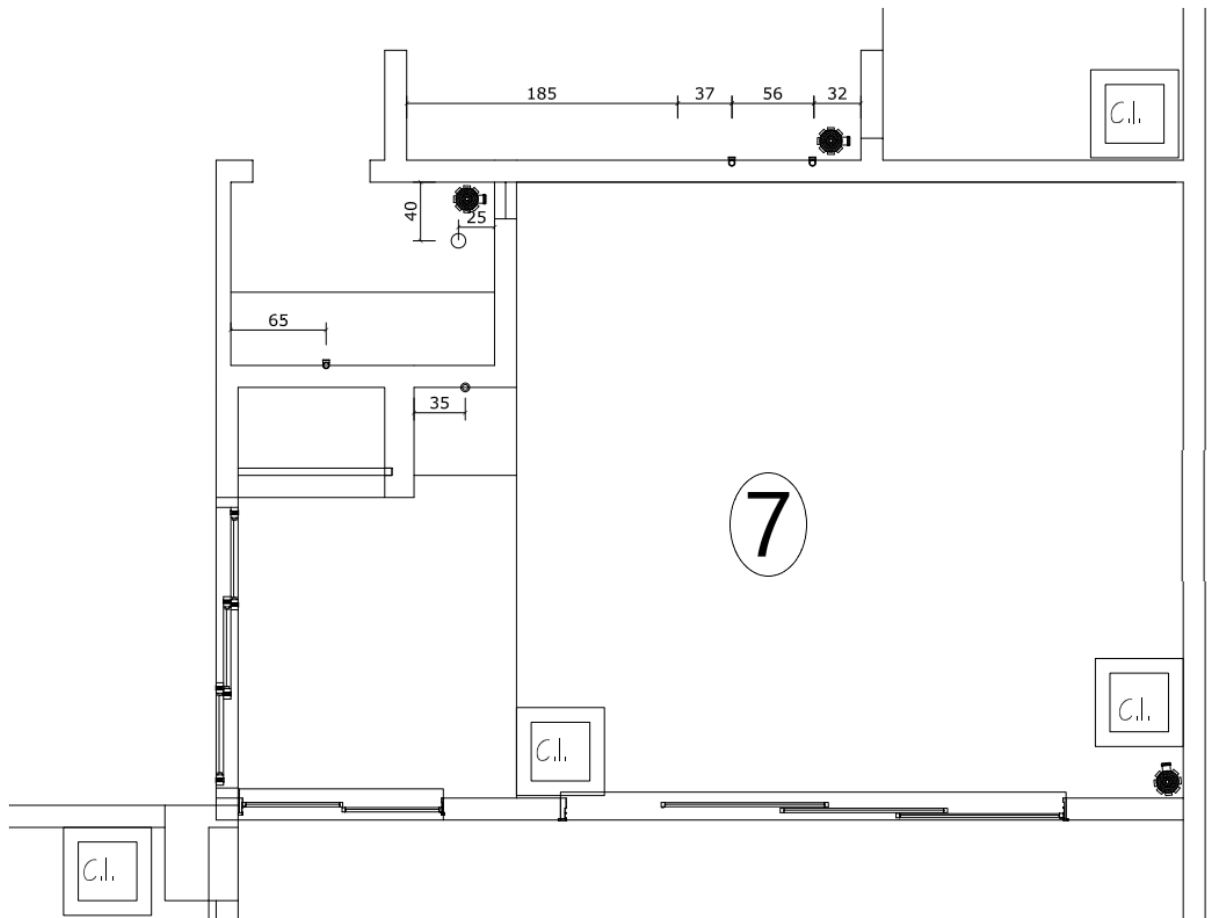
Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 25 - Detalhamento 6 da planta sanitária do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

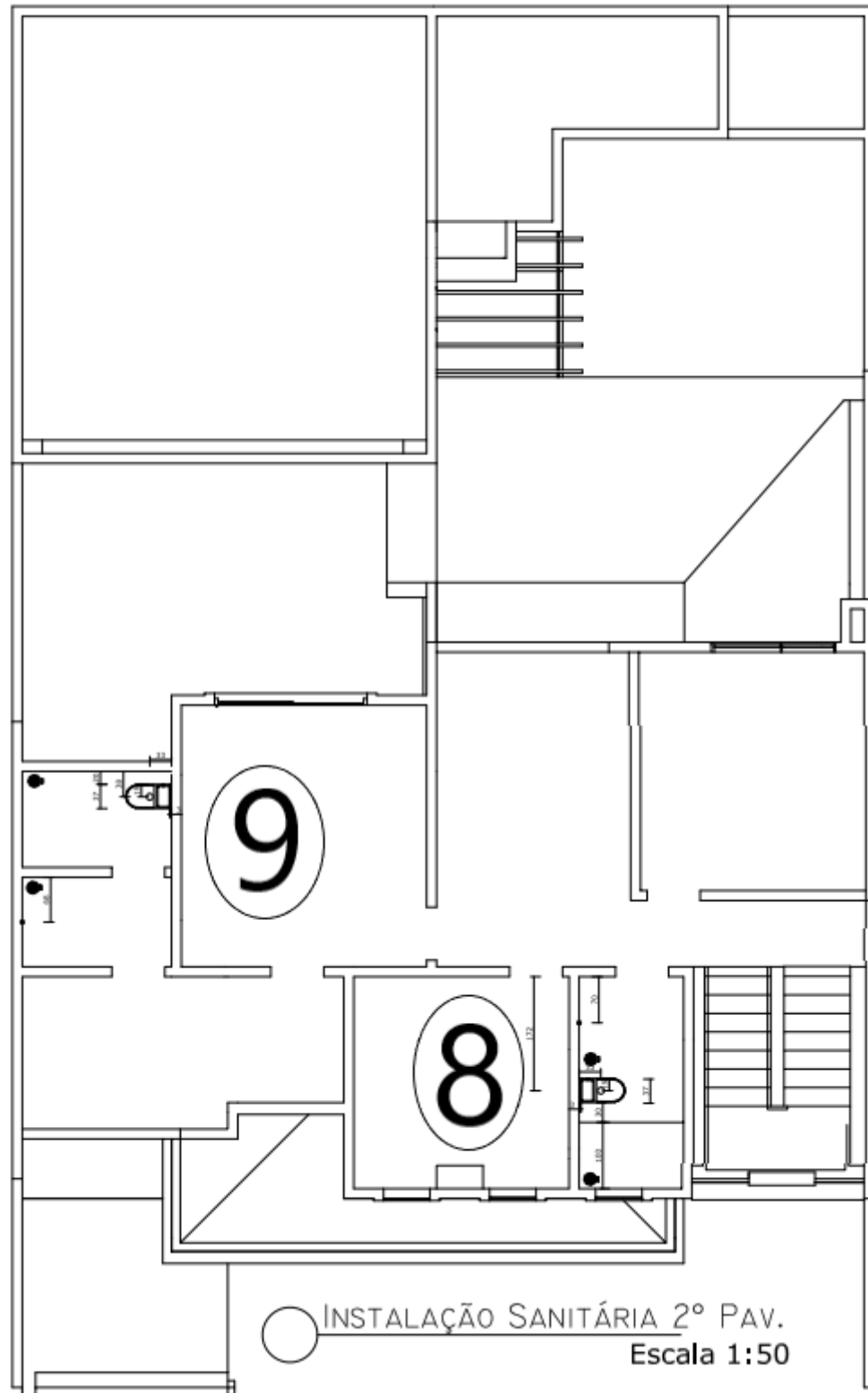
Figura 26 - Detalhamento 7 da planta sanitária do pavimento térreo



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

A Figura 27 mostra a planta sanitária do pavimento superior. Nas Figuras 28 e 29 tem-se os detalhamentos das instalações aproximados.

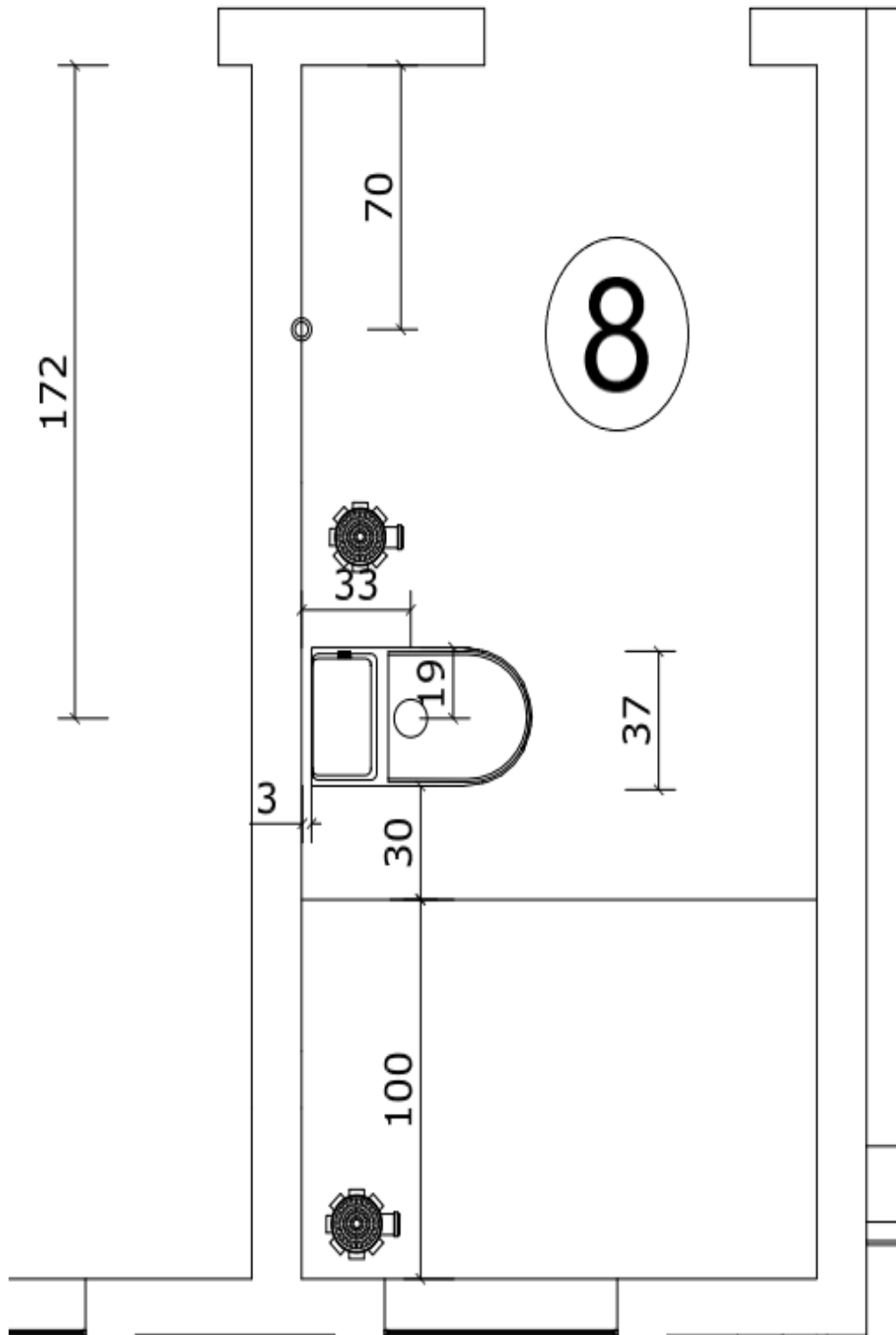
Figura 27 - Planta sanitária do pavimento superior



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

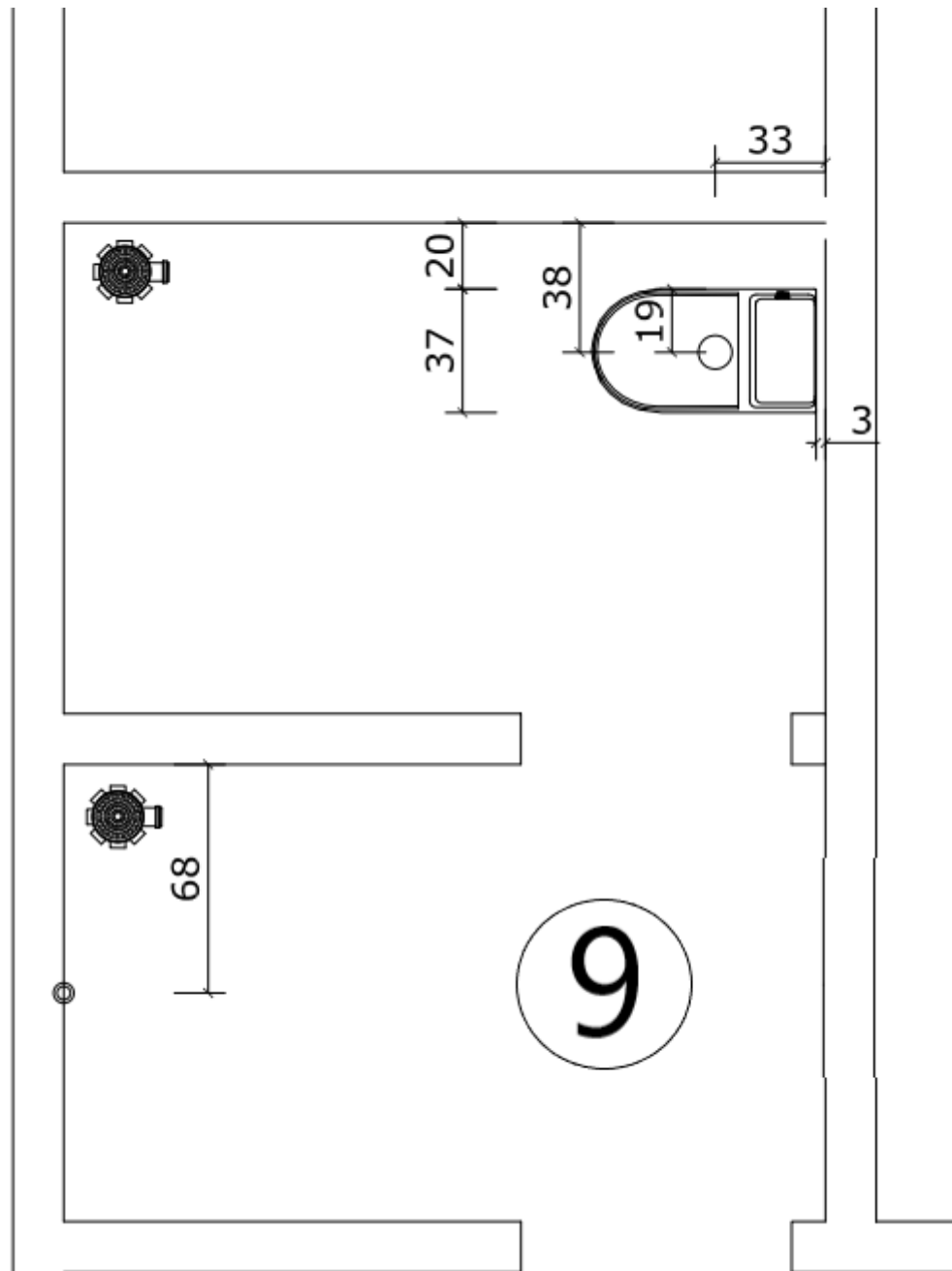


Figura 28 - Detalhamento 8 da planta sanitária do pavimento superior



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 29 - Detalhamento 9 da planta sanitária do pavimento superior



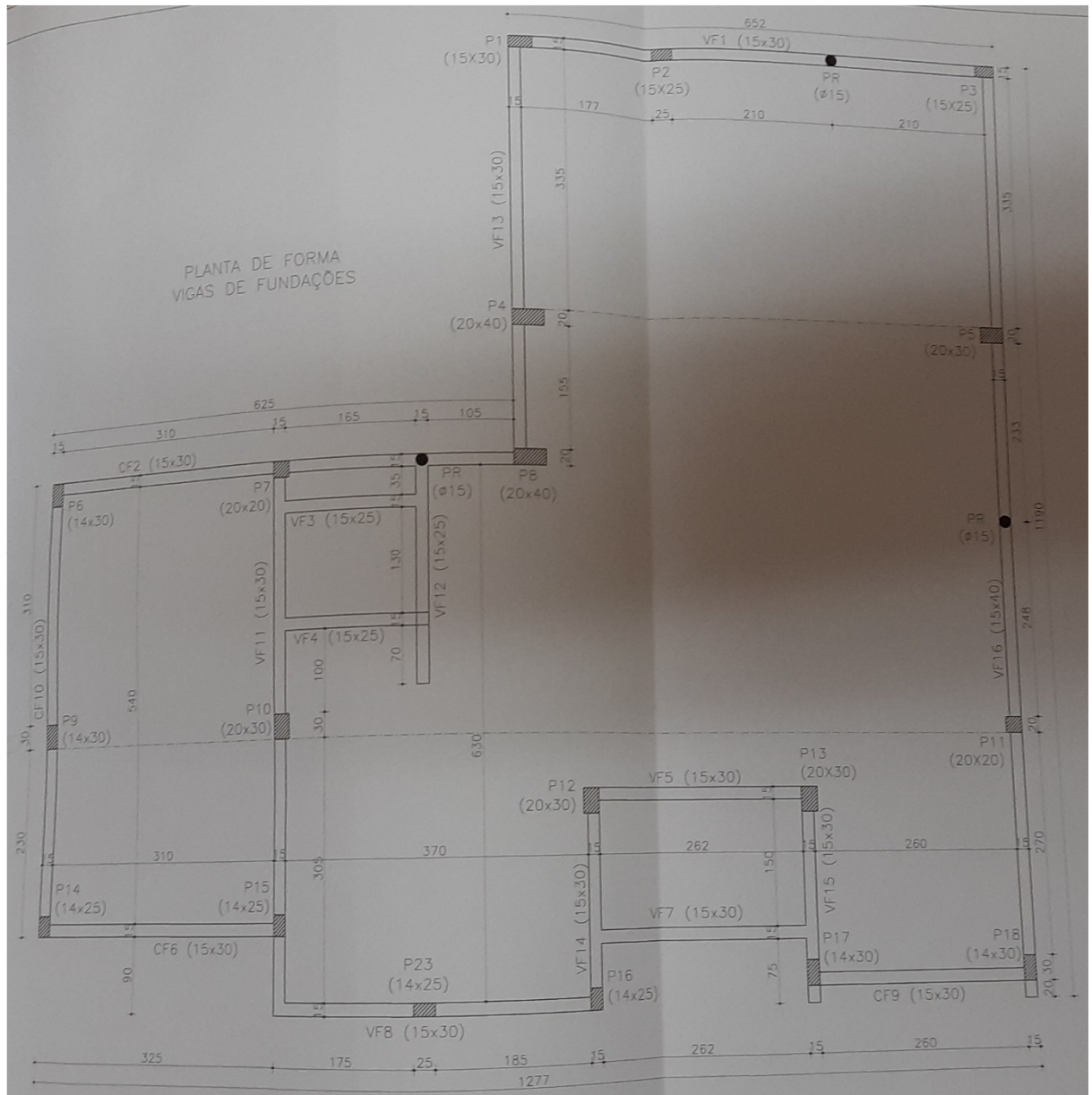
Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

#### 4.1.3 Caracterização do projeto estrutural

A estrutura da edificação é composta por lajes, vigas e pilares de concreto armado. As lajes do telhado possuem espessura de 10 cm e, do 2º pavimento, espessura de 15 cm.

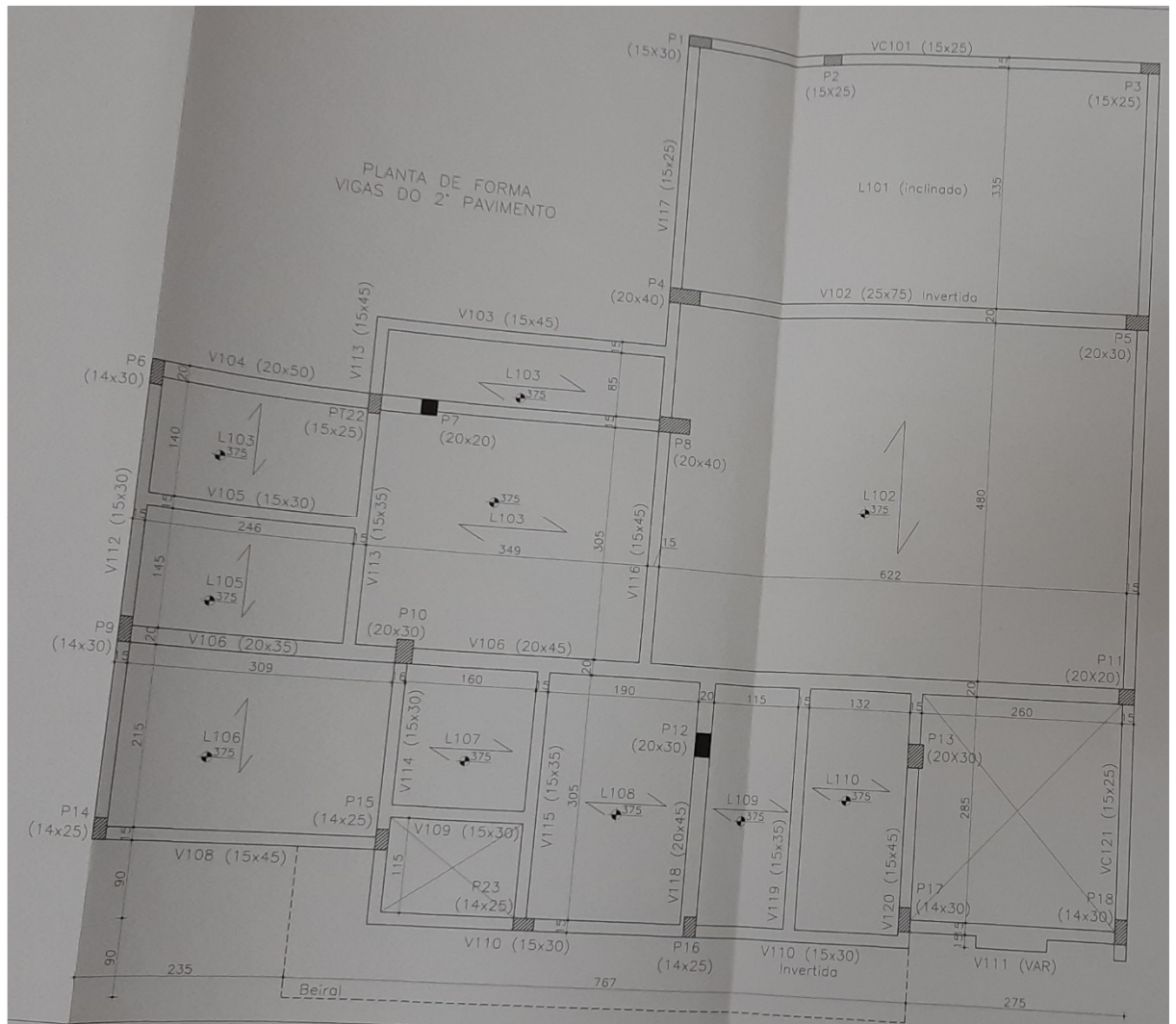
As Figuras 30, 31 e 32 apresentam respectivamente as plantas estruturais das fundações, 2º pavimento e telhado.

Figura 30 - Planta estrutural das fundações



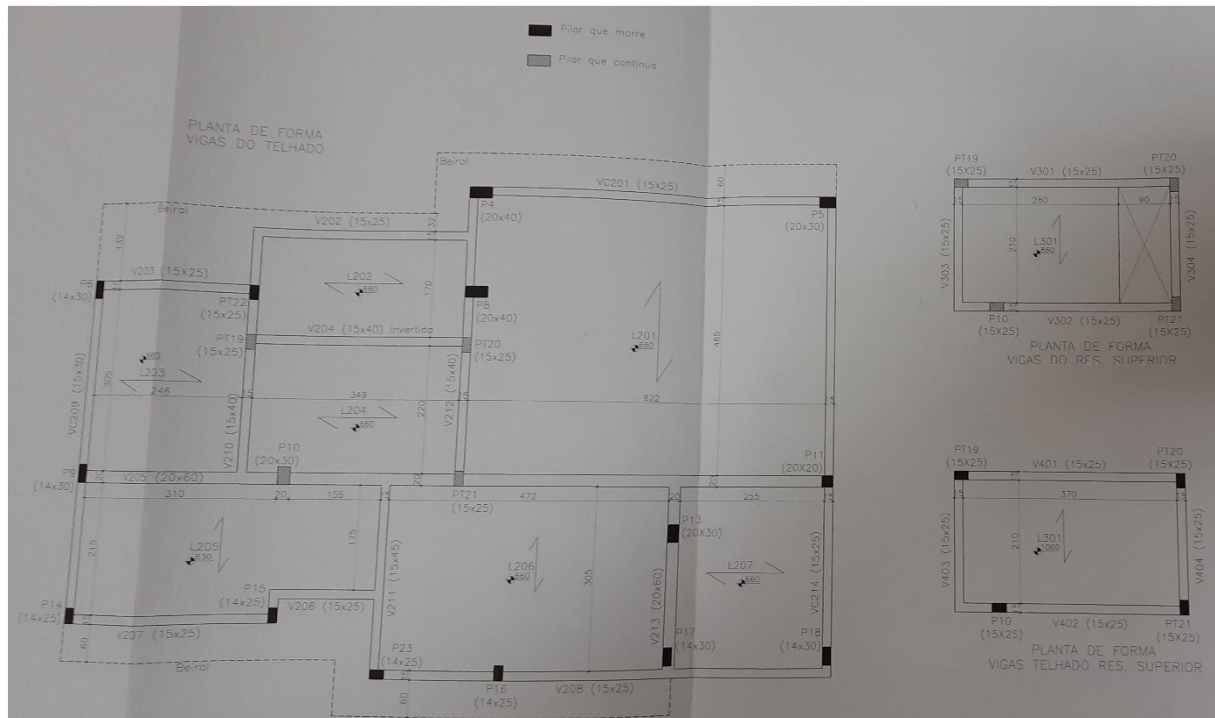
Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

Figura 31 - Planta estrutural do 2º pavimento



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

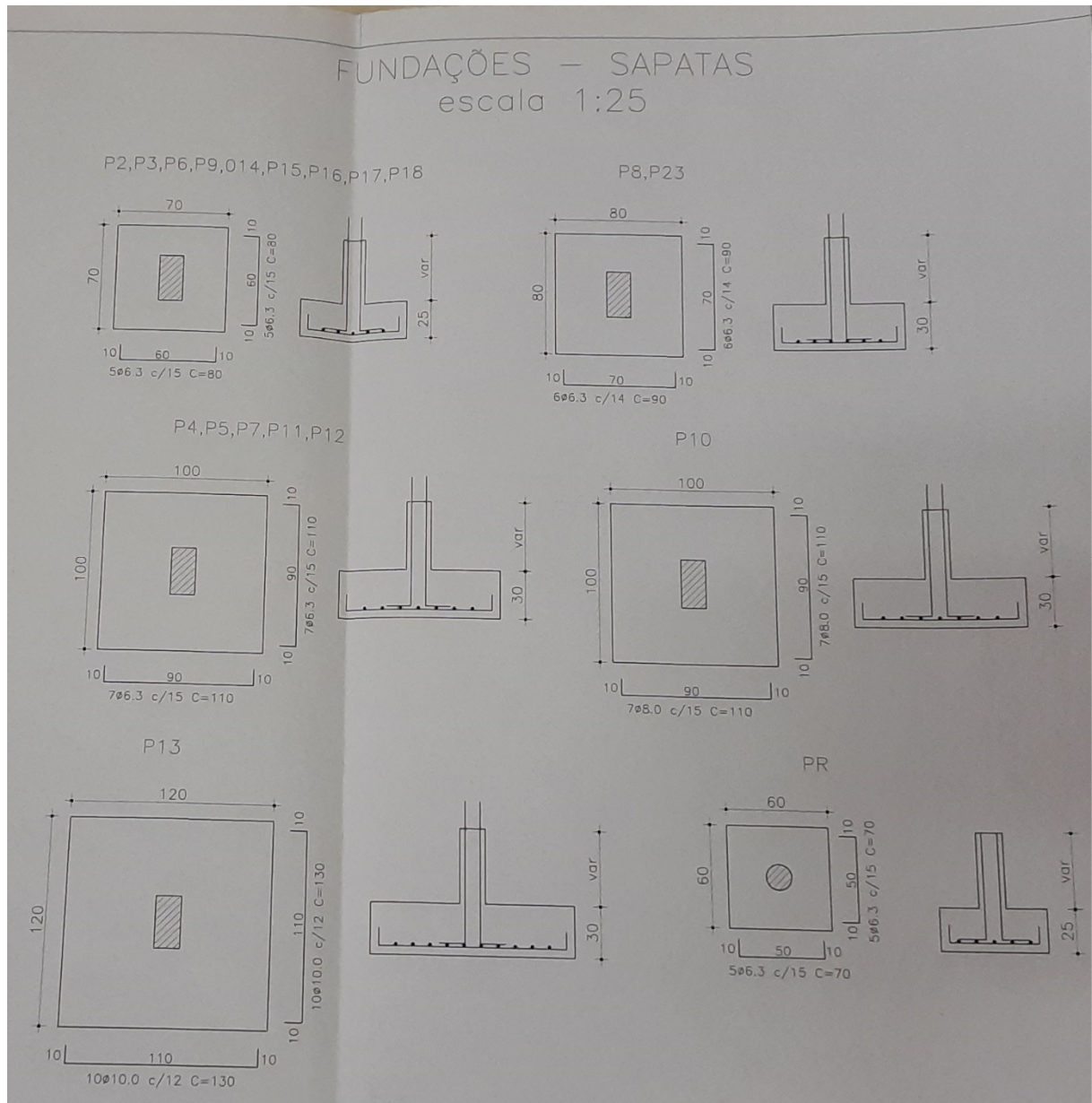
Figura 32 - Planta estrutural do telhado



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

As fundações foram executadas com sapatas isoladas conforme mostra a Figura 33.

Figura 33 - Detalhamento das sapatas



Sem escala. Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2021

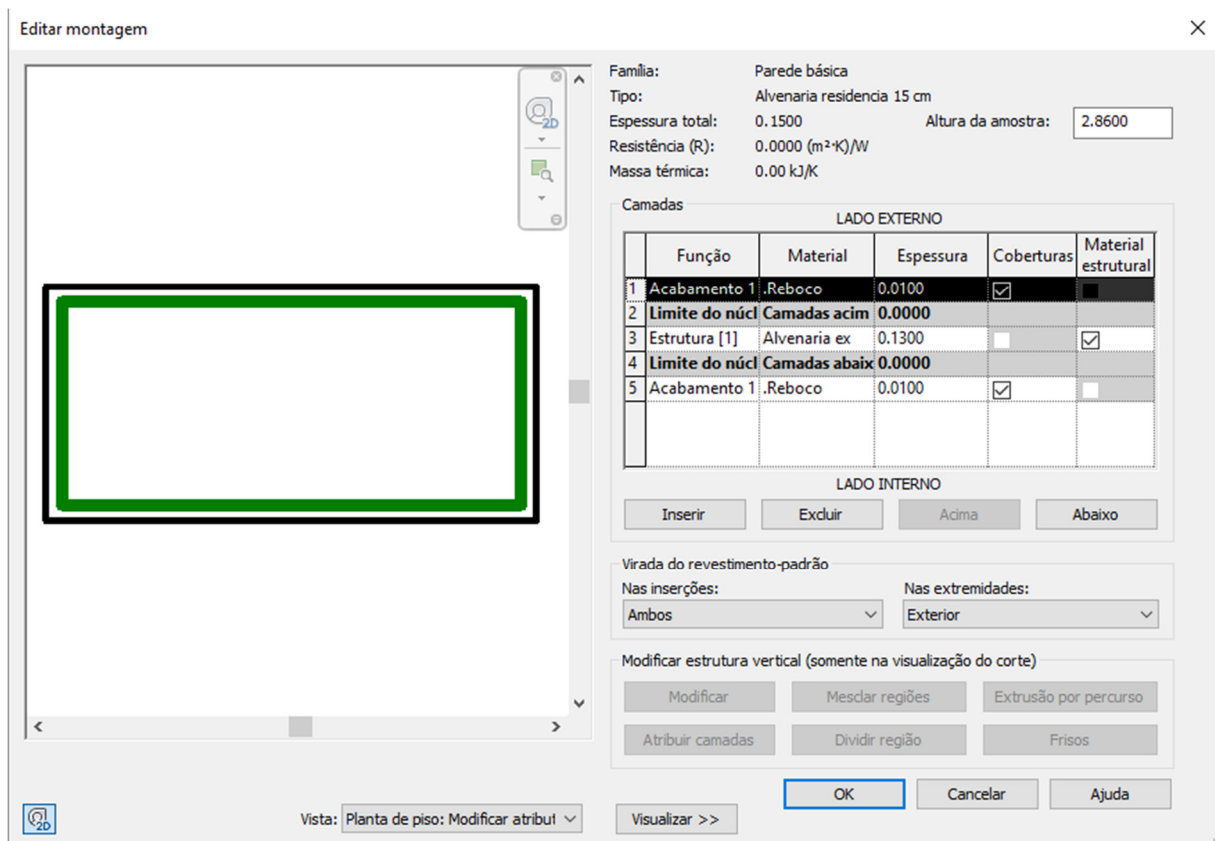
#### 4.2 Modelagem 3d das plantas no software revit

Com base nas características apresentadas nos projetos que foram obtidos e com o auxílio do software BIM Revit, iniciou-se as modelagens das plantas arquitetônica, hidrossanitária e estrutural, de forma independente.

#### 4.2.1 Modelagem da planta arquitetônica

Com base nas plantas baixas arquitetônicas (Figuras 15 e 16) importadas para o software Revit, iniciou-se a criação de *Famílias* que atendessem aos requisitos do projeto. Foi necessário criar uma alvenaria de 15 cm como mostra a Figura 34.

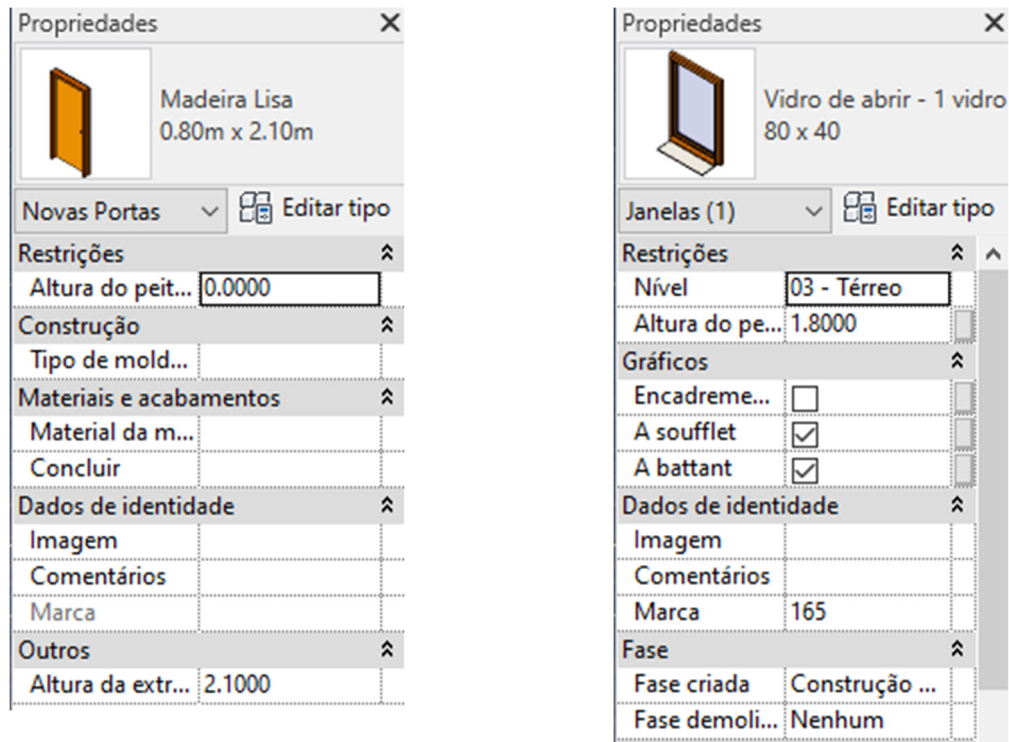
Figura 34 - *Família* de alvenaria criada para atender ao projeto



Fonte: elaboração própria

Também foi necessária a criação de portas e janelas com aberturas específicas para o projeto. Na Figura 35 são demonstrados alguns exemplos de *Famílias* de portas e janelas criadas para o projeto.

Figura 35 - *Família* de portas e janelas criadas para atender ao projeto

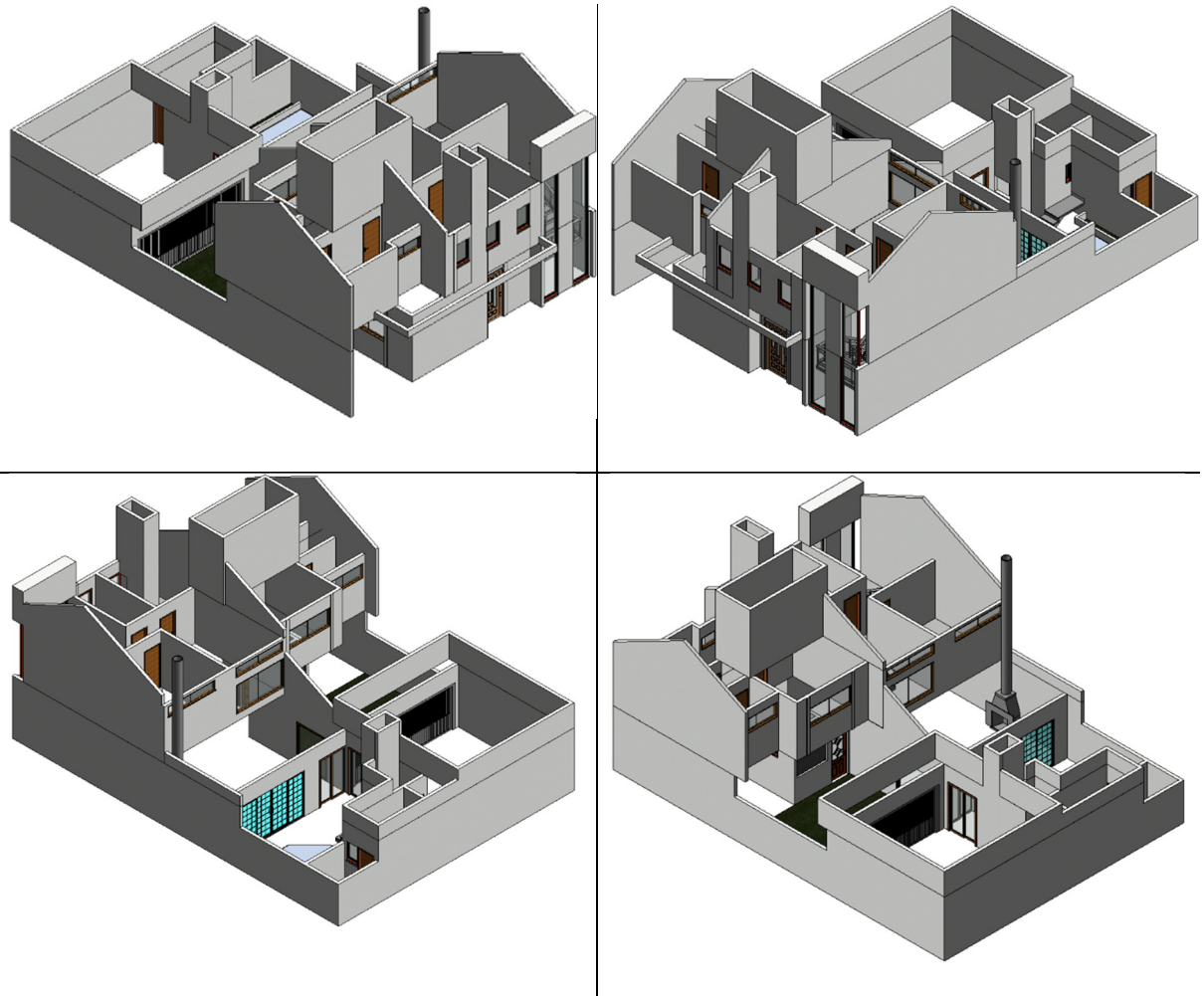


Fonte: elaboração própria

Com as *Famílias* necessárias criadas, iniciou-se a modelagem tridimensional de todo o projeto arquitetônico. Na Figura 36 são demonstradas algumas vistas do projeto arquitetônico e na Figura 37, tem-se as plantas baixas geradas da modelagem tridimensional.

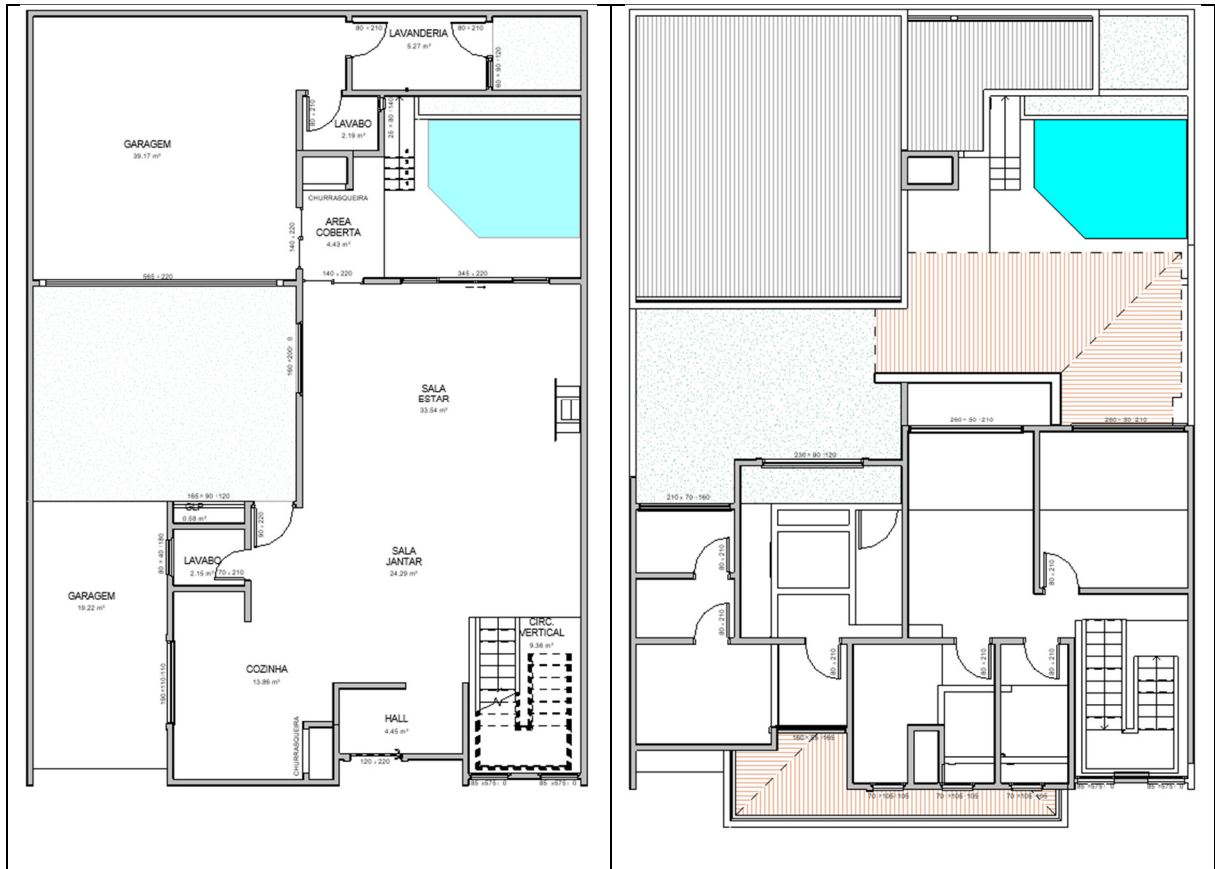


Figura 36 - Vista da modelagem tridimensional da planta arquitetônica



Sem escala. Fonte: elaboração própria

Figura 37 - Planta baixa do pavimento térreo e superior

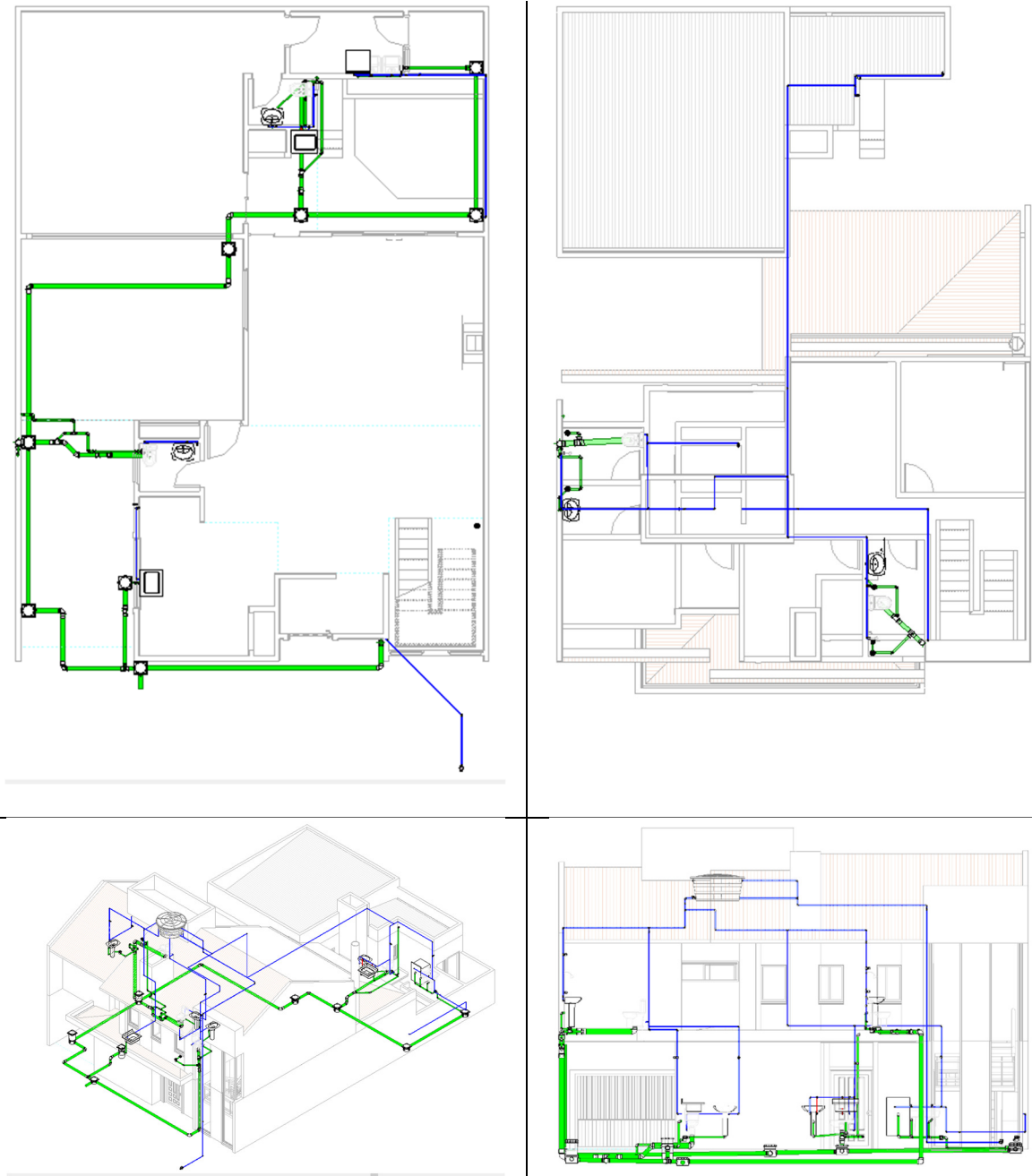


Sem escala. Fonte: elaboração própria.

#### 4.2.2 Modelagem da planta hidrossanitária

Com base nas plantas baixas hidráulica e sanitária (Figuras 17, 18, 19 e 20) foram locados os pontos principais de captação e distribuição de água e esgoto. Em seguida colocou-se as tubulações necessárias ao longo da edificação como mostrado na Figura 38. Convencionou-se a cor azul para as tubulações de água fria e, em verde, as tubulações de esgoto.

Figura38 - Plantas baixas e cortes do projeto hidrossanitário

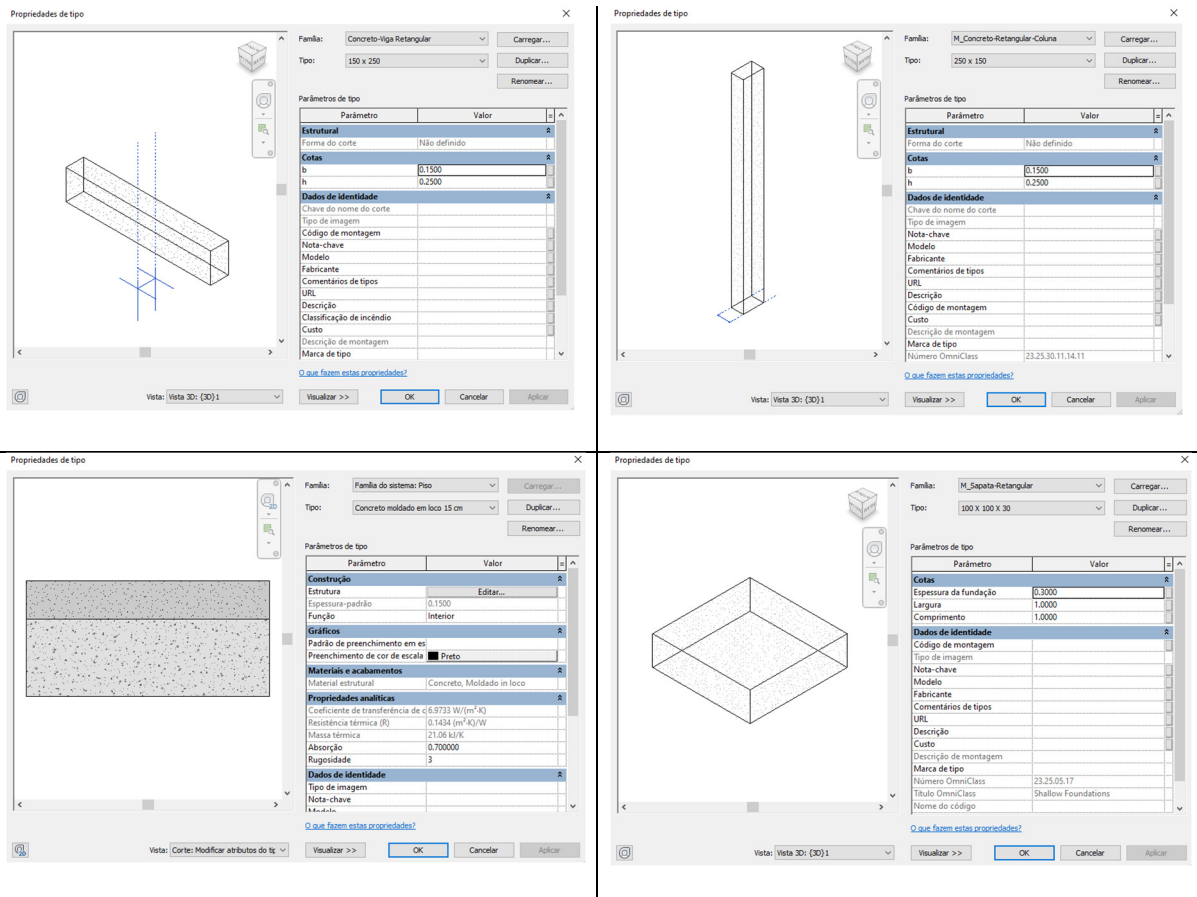


Sem escala. Fonte: elaboração própria

#### 4.2.3 Modelagem da planta estrutural

Nesta etapa foram modeladas vigas, pilares, lajes e sapatas que atendessem ao projeto estrutural original (Figuras 21, 22, 23 e 24). Na Figura 39 são apresentadas algumas *Famílias* criadas para o projeto estrutural.

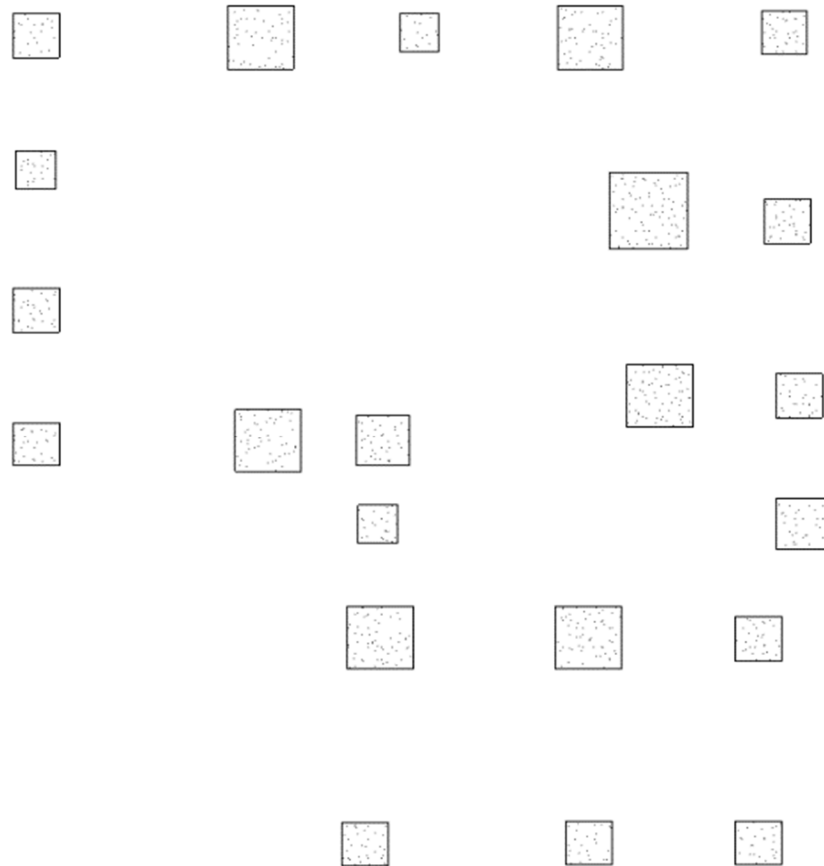
Figura 39 - *Famílias* de vigas, pilares, lajes e sapatas criadas para a modelagem



Sem escala. Fonte: elaboração própria

Em seguida foram locadas as sapatas como mostra a Figura 40.

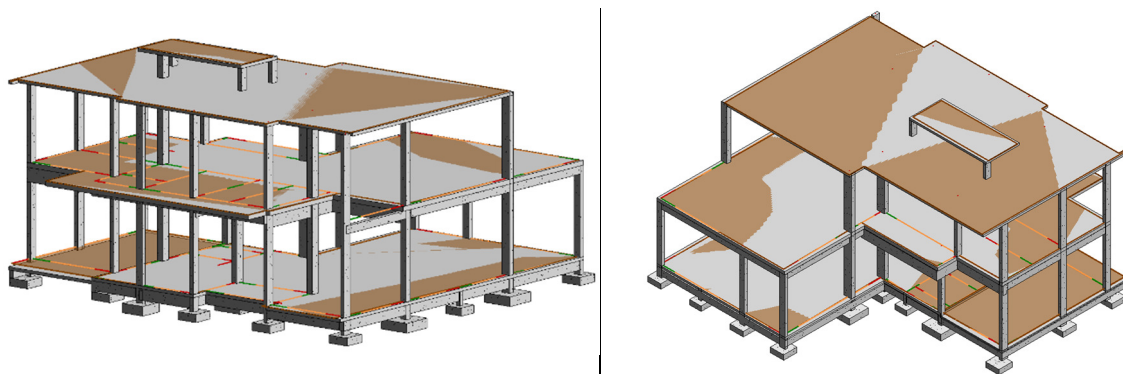
Figura 40 - Sapatas locadas conforme projeto original

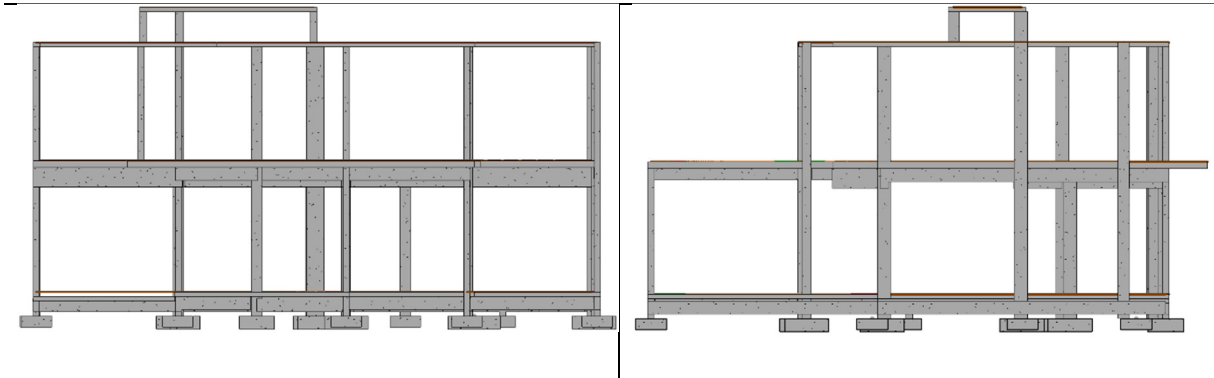


Sem escala. Fonte: elaboração própria

Para finalizar, foram locadas os pilares, vigas e lajes (Figura 41).

Figura 41 - Pilares, vigas e lajes locadas conforme projeto original





Sem escala. Fonte: elaboração própria

### 4.3 Compatibilização de projetos no software Navisworks

Finalizada todas as modelagens necessárias, os projetos foram exportados para o software Navisworks, onde, com o auxílio da ferramenta *clash detection*, foram verificadas as incompatibilidades entre os mesmos. Três testes foram realizados: “Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural”, “Projeto Arquitetônico x Projeto Hidrossanitário”, “Projeto Hidrossanitário x Projeto Estrutural”. Os resultados das incompatibilidades encontram-se na Figura 42.

Figura 42 - Resultados obtido das incompatibilizações com o *clash detection*

Name	Status	Clashes
Arquitetônico X Estrutural	Done	13
Arquitetônico X Hidrossanitário	Done	2
Hidrossanitário X Estrutural	Done	103

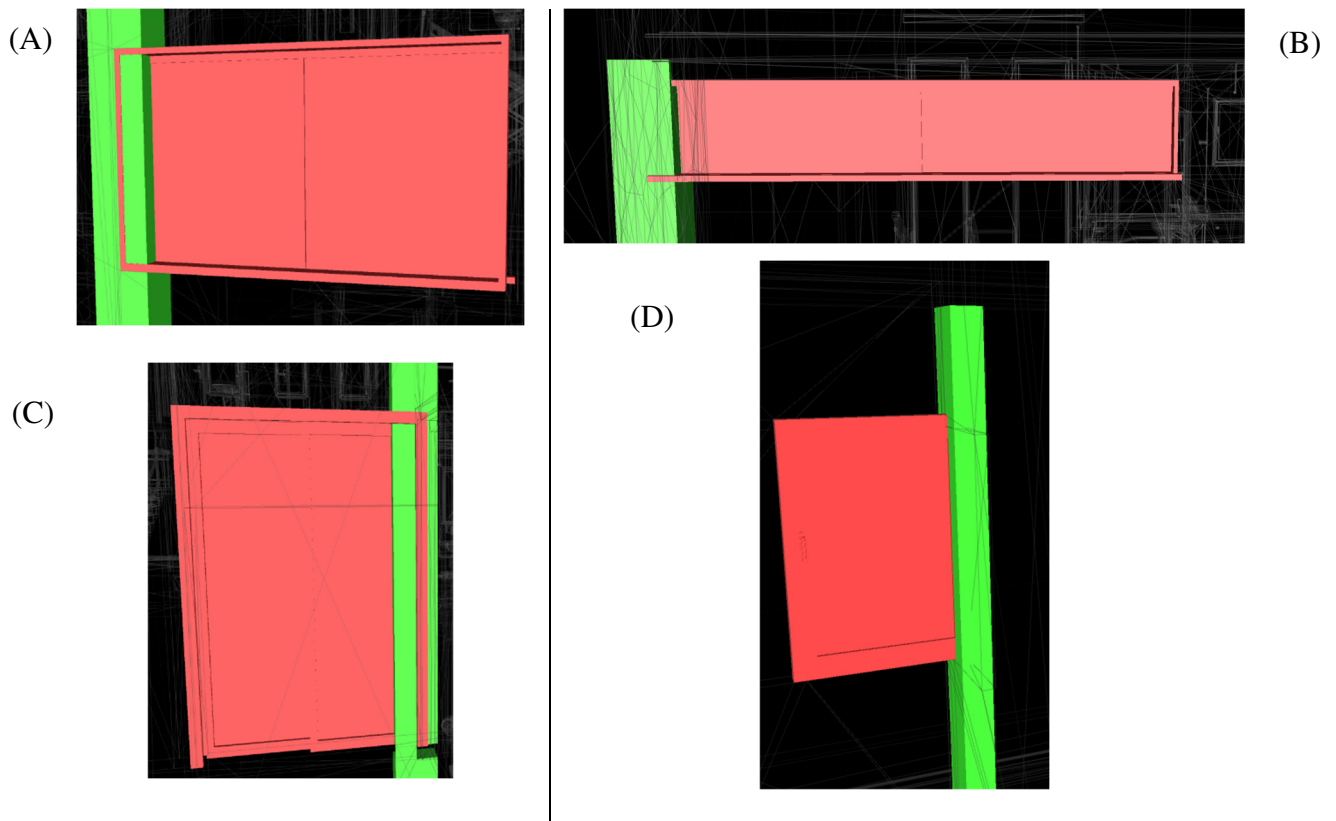
Fonte: elaboração própria

#### 4.3.1 Compatibilização arquitetônico e estrutural

Na análise “Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural” ocorreram 13

incompatibilizações conforme mostra a Figura 42. As incompatibilizações são de pilares com portas e janelas. Na Figura 43 são demonstrados alguns dos exemplos encontrados.

Figura 43 - Exemplo de incompatibilizações encontradas entre o projeto arquitetônico e estrutural



Fonte: elaboração própria

Na Figura 43, em vermelho, estão representados os elementos arquitetônicos, enquanto em verde, estão representados os elementos estruturais.

Análise dos casos:

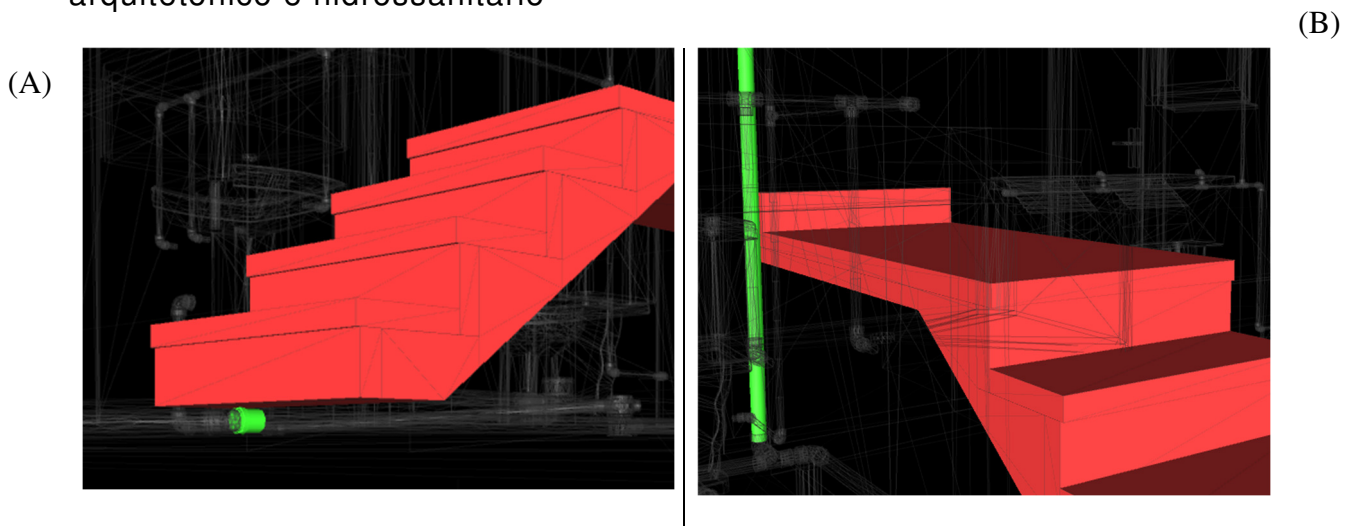
- Caso: incompatibilização entre pilar (verde) e janela (vermelho).
- Causa: falta de compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural.
- Solução: deslocamento de um dos elementos.
- Impacto estrutural: recalcular os esforços.

- Impacto arquitetônico: alteração na área útil ou geométrica arquitetônica.

#### 4.3.2 Compatibilização arquitetônico e hidrossanitário

Na análise “Projeto Arquitetônico x Projeto Hidrossanitário” ocorreram duas incompatibilizações conforme mostra a Figura 42. As incompatibilizações são de tubulações de água fria com a escada. Na Figura 44 são demonstradas as duas interferências encontradas.

Figura 44 - Incompatibilizações encontradas entre o projeto arquitetônico e hidrossanitário



Fonte: elaboração própria.

Na Figura 44 (A) a tubulação de água fria toca abaixo da escada gerando a incompatibilização. Já na Figura 44 (B) a tubulação de água fria que passa pela alvenaria, também toca ao lado da escada gerando a incompatibilização. Ambas as tubulações são as mesmas, tendo origem no hidrômetro da residência e estão de encontro ao reservatório superior.

Análise dos casos:

- Caso: incompatibilização entre tubulação de água fria (verde) e escada (vermelho).
- Causa: falta de compatibilização entre os projetos arquitetônico



e hidráulico.

- Solução: deslocamento de um dos elementos.
- Impacto hidráulico: recalcular as perdas de carga.
- Impacto arquitetônico: alteração no formato da escada.

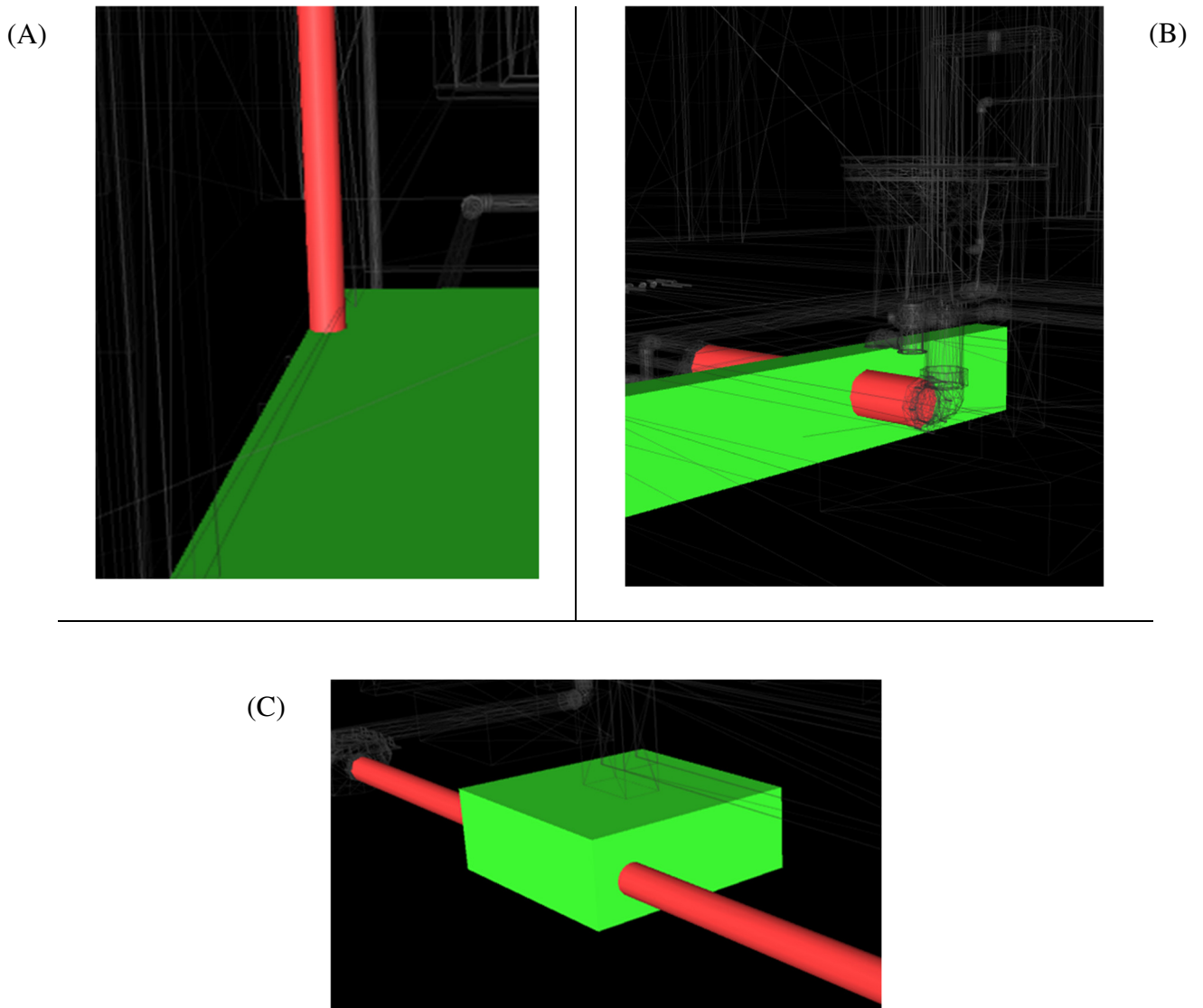
#### **4.3.3 Compatibilização hidrossanitário e estrutural**

Na análise “Projeto Hidrossanitário x Projeto Estrutural” ocorreram 103 incompatibilizações conforme mostra a Figura 42. As seguintes incompatibilizações foram encontradas:

- Tubulação de água fria com viga;
- Tubulação de esgoto com sapatas;
- Tubulação de esgoto com vigas;
- Tubulação de esgoto com pilares;
- Tubulação de esgoto com lajes;
- Tubulação de água fria com lajes.

Na Figura 45 são demonstradas algumas interferências encontradas.

Figura 45 - Incompatibilizações encontradas entre o projeto estrutural e hidrossanitário



Fonte: elaboração própria

Na Figura 45, em vermelho, estão representados os elementos hidrossanitários, enquanto em verde, estão representados os elementos estruturais.

Análise dos casos – Figura 45 (A):

- Caso: incompatibilização entre tubulação de esgoto (vermelho) e laje (verde).

- Causa: falta de compatibilização entre os projetos estrutural e sanitário.
- Solução: utilizar *shaft*.
- Impacto sanitário: nenhum.
- Impacto estrutural: recalcular esforços.

Análise dos casos – Figura 45 (B):

- Caso: incompatibilização entre tubulação de esgoto (vermelho) e viga (verde).
- Causa: falta de compatibilização entre os projetos estrutural e sanitário.
- Solução: deslocamento para baixo da tubulação / furo no elemento estrutural.
- Impacto sanitário: aumento na quantidade de tubulação utilizada.
- Impacto estrutural: recalcular esforços.

Análise dos casos – Figura 45 (C):

- Caso: incompatibilização entre tubulação de esgoto (vermelho) e sapata (verde).
- Causa: falta de compatibilização entre os projetos estrutural e sanitário.
- Solução: deslocamento da tubulação.
- Impacto sanitário: aumento na quantidade de tubulação utilizada.
- Impacto estrutural: nenhum.

#### **4.4 Vantagens e desvantagens da utilização da metodologia bim na compatibilização de projetos**

Ao finalizar o processo de modelagem e compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM pode-se observar algumas vantagens e desvantagens no uso da mesma:

Vantagens:

- Maior detalhamento na fase de projeto: foi possível verificar inúmeros problemas no projeto com a modelagem tridimensional e a posterior compatibilização dos projetos.
- Agilidade em alterações: é verificado maior facilidade em realizar modificações ainda na fase de projetos, evitando horas de retrabalho em ambientes 2D ou já na fase de execução.

Desvantagens:

- Custos de implantação da tecnologia: verificou-se que todos os softwares utilizados neste estudo possuem alto custo de aquisição, inviabilizando pequenos escritórios de implementar a metodologia;
- Curva de aprendizado: os softwares BIM utilizados neste estudo não são tão simples, logo se faz necessário investimento em capacitação profissional para se ter um melhor aproveitamento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Conclusões**

Pelo fato de a literatura evidenciar que a metodologia BIM é utilizada no planejamento mais eficiente de projeto de engenharia, em todas as suas etapas, para o presente trabalho estabeleceu-se como objetivo geral a compatibilização dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e estrutural de uma residência unifamiliar, com base na metodologia BIM e utilizando o software Navisworks.

O método de pesquisa possibilitou demonstrar as incompatibilizações entre diferentes projetos utilizando a metodologia BIM. Foram realizadas as modelagens paramétricas em 3D no software Revit e posteriormente as compatibilizações dos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário no software Navisworks, onde com a função *clash detection* gerou-se relatórios com as incompatibilidades encontradas.

Para a implementação da metodologia BIM, o estudo mostrou a necessidade de investimento, por parte da empresa, nos softwares que foram desenvolvidos para trabalharem em conjunto com a metodologia, nos equipamentos para executarem os softwares de maneira adequada e na qualificação da mão de obra para a utilização e implementação dos softwares, bem como da metodologia.

### **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Ao final de uma pesquisa sempre surge a oportunidade de que outros estudos possam ser desenvolvidos. Diante o exposto, sugere-se, por exemplo, modelar e compatibilizar outros projetos tais como o projeto elétrico e climatização. Além disso, poderia abordar outros aspectos da metodologia BIM, como a parte de orçamento de obra.

## REFERÊNCIAS

ADDOR, Miriam et al. **GUIAAsBEA**: Boas práticas em BIM. CAU/BR, 2013. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/a607fdeb79ab9ee636cd938e0243b012.pdf>. Acesso em : 5 de out. de 2020.

AMARAL, Leandro. **AutoCAD**: Tudo o que você precisa saber. Arquitetoleandroamaral, 2019. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/autocad-o-que-e-o-que-faz-e-para-que-serve>. Acesso em : 6 de out. de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: manutenção de edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16354:2018**: diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16757-1:2018**: estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12006-2:2018**: Construção de edificação - Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-7:2015**: Sistema de classificação da informação da construção Parte 7: Informação da construção. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965-3:2014**: Sistema de classificação da informação da construção Parte 3: Processos da construção. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2:2012**: Sistema de classificação da informação da construção Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2:2011**: Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011.

Autodesk. **Produtos Navisworks**: O que é o Navisworks?. Autodesk, 2016. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/What-is-Navisworks.html>. Acesso em: 8 de out. de 2020.

BRASIL. Lei nº 10.306, de 2 de Abril de 2020. **Estabelece a utilização do BIM no Brasil**. Brasília. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-)

2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 07 de nov. de 2020.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K.. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARIAS, Julio Cesar. **O que é o Navisworks?**. SP/BIM, 2020. Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-navisworks> . Acesso em: 10 de out. de 2020.

GRAZIANO, F. P.. **Compatibilização de Projetos**. 2003 Dissertação (Mestrado Profissionalizante), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo.

GONÇALVES Jr., Francisco. **BIM**: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. AltoQI, 2017. Disponível em: <http://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/#ndsbim>. Acesso em: 29 de set. de 2020.

LIMA, Claudia Campo. **Autodesk Revit Architecture 2014**. São Paulo: Érica, 2014.

LUKE, Washington. **Inovações em Auditoria de Obras Públicas**: utilização da plataforma BIM em obras públicas. Ibraop, 2019. Disponível em: [http://www.ibraop.org.br/enaop2019/P4-PLATAFORMA\\_BIM\\_OBRAS\\_PUBLICAS.pdf](http://www.ibraop.org.br/enaop2019/P4-PLATAFORMA_BIM_OBRAS_PUBLICAS.pdf). Acesso em : 8 de nov. de 2020.

**OPUS**: Sistema Unificado do Processo de Obras. Exército Brasileiro, 2018. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/opus/>. Acesso em : 7 de nov. de 2020.

MIKALDO Jr., J., SCHEER, S.. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea**: qual é a melhor solução?. Gestão e Tecnologia de Projetos, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/251076540\\_COMPATIBILIZACAO\\_DE\\_PROJETOS\\_OU\\_ENGENHARIA\\_SIMULTANEA\\_QUAL\\_E\\_A\\_MELHOR\\_SOLUCAO](https://www.researchgate.net/publication/251076540_COMPATIBILIZACAO_DE_PROJETOS_OU_ENGENHARIA_SIMULTANEA_QUAL_E_A_MELHOR_SOLUCAO). Acesso em : 8 de nov. de 2020.

MUNDOGEO, **Infraero entra na Era BIM com Aeroporto Digital e soluções Bentley**. MundoGeo, 2018. Disponível em: <https://mundogeo.com/2018/08/17/artigo-infraero-entra-na-era-bim-com-aeroporto-digital-e-solucoes-bentley/>. Acesso em : 8 de nov. de 2020.

RODRÍGUEZ, Marco Antônio Arancibia. **Coordenação Técnica de Projetos**: Caracterização e Subsídios para sua aplicação na Gestão do Processo de Edificações. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC. 2005. 172p.

TUMAN, G. J.. **Development and Implementation of Effective Project Management Information and Control Systems**. In: CLELAND, D. I.; KING, W, R. Project Management Handbook. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1983

**Visão geral**: O que é o AutoCAD?. Autodesk, 2020. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview?plc=ACDIST&term=1->

YEAR&support=ADVANCED&quantity=1 . Acesso em: 5 de out. de 2020.