



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



HENRIQUE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

METODOLOGIA BIM APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

UBERLÂNDIA, MG

2023

HENRIQUE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

METODOLOGIA BIM APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito obrigatório para conclusão do curso de Engenharia Civil. **Orientadora:** Prof.^a Dra. Ana Carolina Fernandes Maciel

UBERLÂNDIA, MG

2023

RESUMO

A aplicação da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) na elaboração e execução de projetos de construção civil apresenta diversas vantagens em comparação aos métodos convencionais, conhecidos como CAD (*Computer Aided Design*), comumente empregados nos escritórios do país. Entretanto, sua utilização nas equipes de projetos ainda é considerada insuficiente quando comparada a outros países. O Decreto nº 10.306 de 2020 foi instituído com o objetivo de difundir e criar mecanismos de desenvolvimento da aplicação de BIM no país, até sua total obrigatoriedade para o desenvolvimento de projetos no setor público a partir de 2028. Assim, esse trabalho busca entender as vantagens obtidas ao aplicar a metodologia BIM em projetos através da modelagem de três disciplinas de uma edificação em plataforma BIM, sendo esta o *Autodesk Revit*®, e a compatibilização com o *Autodesk Navisworks*®. Ao final, foi possível desenvolver os três projetos e a compatibilização desses, e compreender que a metodologia BIM facilita a elaboração do projeto, sua compatibilização e correção dos pontos incompatíveis.

Palavras-chave: BIM; Compatibilização; Projeto em BIM

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação das dimensões do BIM	10
Figura 2 - Planta Baixa final do modelo arquitetônico	17
Figura 3 - Modelo arquitetônico em 3D	18
Figura 4 - Planta de forma inicial do pavimento térreo	19
Figura 5 - Planta de forma inicial das lajes dos quartos	20
Figura 6 – Planta de forma inicial da laje da sala	20
Figura 7 - Planta de forma do reservatório	21
Figura 8 - Exemplo de áreas de influência de pilares.....	25
Figura 9 - Modelo Estrutural em 3D	29
Figura 10 - Trecho do modelo de água fria	30
Figura 11 - Trecho do modelo de água quente	34
Figura 12 - Detalhe modelagem da rede de esgoto e ventilação	39
Figura 13 - Tipos de superfície e área de influência.....	41
Figura 14 - Esquema de divisão da área da cobertura.....	42
Figura 15 - Resultado do dimensionamento para a cobertura.....	43
Figura 16 - Divisão do pavimento térreo para análise pluvial	43
Figura 17 - Resultado do dimensionamento para o pavimento térreo.....	44
Figura 18 - Corte do modelo do sistema pluvial	44
Figura 19 - Incompatibilidade na churrasqueira	46
Figura 20 - Incompatibilidade de pilar com esquadria	46
Figura 21 - Incompatibilidade entre vigas e pilares contra telhado.....	46
Figura 22 - Incompatibilidade entre tubo ventilador e telhado	47
Figura 23 - Incompatibilidade entre calha e tubulação pluvial	47
Figura 24 - Incompatibilidade entre janela e pia de cozinha	48
Figura 25 - Incompatibilidade entre tubulação e viga	48
Figura 26 - Planta de forma inicial do pavimento térreo	53
Figura 27 - Planta de forma inicial das lajes dos quartos	54
Figura 28 – Planta de forma inicial da laje da sala	55
Figura 29 - Planta de forma do reservatório	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pré-dimensionamento das vigas	22
Tabela 2 – Pré-dimensionamento das lajes	25
Tabela 3 - Resumo das ações permanentes e variáveis	27
Tabela 4 - Pré dimensionamento dos pilares	28
Tabela 5 - Vazões de projeto e peso relativo dos aparelhos hidrossanitários	31
Tabela 6 – Dimensionamento do sistema de água fria	33
Tabela 7 – Dimensionamento do sistema de água quente	35
Tabela 8 - UHC de aparelhos sanitários e diâmetro mínimo de ramais	36
Tabela 9 - Diâmetros mínimos dos ramais de esgoto	37
Tabela 10 - Diâmetros mínimos dos subcoletores e coletor predial	37
Tabela 11 - Dimensionamento da rede de esgoto.....	38
Tabela 12 - Dimensionamento de água fria	56
Tabela 13 - Dimensionamento de água quente.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental segundo NBR 6118:2014	23
Quadro 2 - Cobrimento nominal mínimo para $\Delta c = 10$ mm	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1. Justificativa.....	8
1.2. Objetivos.....	8
2. REVISÃO TEÓRICA	9
2.1. BIM.....	9
2.2. Projeto Arquitetônico.....	10
2.3. Projeto Estrutural.....	11
2.4. Projeto Hidrossanitário.....	12
2.5. Projeto Elétrico.....	13
2.6. Compatibilização de projetos.....	13
3. DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS	15
3.1. Projeto arquitetônico.....	15
3.2. Projeto Estrutural.....	18
3.2.1. <i>Pré-dimensionamento das vigas</i>	21
3.2.2. <i>Pré-dimensionamento das lajes</i>	22
3.2.3. <i>Pré-dimensionamento dos pilares</i>	25
3.3. Projeto Hidrossanitário.....	29
3.3.1. <i>Sistemas de água fria e água quente</i>	29
3.3.2. <i>Sistema de esgoto e ventilação</i>	36
3.3.3. <i>Sistema de drenagem pluvial</i>	40
4. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A – PLANTAS DE FÔRMAS.....	53
APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE.....	56
APÊNDICE C – DETALHAMENTO DE CÁLCULO DE DRENAGEM PLUVIAL.....	60

1. INTRODUÇÃO

Sendo uma revolução tecnológica dentro da construção civil, o BIM (*Building Information Modeling*) pode ser considerado uma forma de reduzir o atraso da indústria da construção civil em relação a integração de etapas em comparação as demais indústrias (SACKS et al., 2018). Essa tecnologia permite a criação de modelos digitais de construção com elevada precisão, oferecendo alta capacidade de análise e controle (EASTMAN et al. 2021).

Com a possibilidade de armazenar considerável carga de informação, a metodologia BIM eleva as possibilidades de projeto e análise, como custo, planejamento, sustentabilidade e gestão, indo muito além da modelagem em 2D e/ou 3D (EASTMAN et al. 2021).

Grant Thornton (2020) identificou em seus estudos que apenas 38,4% das empresas utilizam a metodologia BIM em seus projetos. Embora ainda seja preterida em função de outras metodologias, como o CAD (*Computer Aided Design*), a partir de 2028 será obrigatório a aplicação do BIM em obras públicas, conforme Decreto nº 10.306 de 2020. Essa mudança está acelerando a implantação do BIM nas empresas, não apenas pelas vantagens que a metodologia possui, mas também pela necessidade de se manter de acordo com o estipulado pelo governo federal brasileiro.

Eastman et al (2021) citam uma série de vantagens que o BIM consegue trazer para as etapas de projeto, construção e pós-construção do empreendimento:

- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto;
- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto;
- Geração desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto;
- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto;
- Verificação facilitada das intenções de projeto;
- Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto;
- Incremento da eficiência energética e a sustentabilidade;
- Sincronização de projeto e planejamento da construção;
- Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro;

- Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados;
- Melhor implementação e técnicas de construção enxuta;
- Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção;
- Melhor gerenciamento e operação das edificações;
- Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

Com isso, os próximos anos serão fundamentais para o aprofundamento e inserção da metodologia BIM no país, que diferentemente de outros países como Reino Unido, Singapura, Estados Unidos ou França que já criam e difundem novas ferramentas e métodos visando integração global (SANTANA, 2020), aqui o BIM se encontra em passos iniciais rumo ao desenvolvimento pleno e posição de estratégia central de evolução tecnológica na construção civil (SOBRINHO e PIRES, 2022).

1.1. Justificativa

Diante dessa perspectiva, este trabalho justifica-se na compreensão das dinâmicas que envolvem a metodologia BIM e sua aplicação prática na confecção de diversos projetos de construção civil (como projetos arquitetônicos, estruturais e hidrossanitários), não apenas pela futura obrigatoriedade, mas também pelas diversas vantagens que são obtidas ao se trabalhar com BIM, como a compatibilização desses diferentes projetos, além na maior integração entre as disciplinas no processo projetual.

1.2. Objetivos

Desenvolver os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, assim como compatibilizá-los, utilizando plataformas BIM.

2. REVISÃO TEÓRICA

Para definir qual será o tipo de análise aplicada neste trabalho é necessário abordar algumas características da metodologia BIM e dos projetos pertencentes a uma edificação. Nos tópicos a seguir será discutido o conceito de BIM além da definição dos tipos de projetos presentes em edificações e as normativas referentes.

2.1. BIM

Eastman *et al* (2021) definem BIM como “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Sendo assim, o conceito de BIM envolve tecnologias e processos que devem ser aplicados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção buscando gerar um modelo único da edificação com os esforços de todos os projetistas (ANDRADE e RUSCHEL, 2009). A aplicação de metodologia BIM inicialmente, na busca por um modelo único de projeto, trata os projetos de forma integrada e verossímil.

Conforme Eastman *et al* (2021) existem duas abordagens no BIM que o difere dos sistemas CAD tradicionais: a modelagem paramétrica e interoperabilidade. A modelagem paramétrica permite representar objetos através de parâmetros e regras associados à sua geometria e incorporar propriedades não geométricas ou características a esses objetos. Com isso, é possível a extração de relatórios, checagem de inconsistências de relações entre objetos e incorporação de conhecimentos de projetos a partir dos modelos. Ainda, permite que objetos sejam criados e reconstruídos sem a necessidade de apagar ou criar outros objetos. A interoperabilidade é a capacidade de comunicação e integração entre diferentes aplicativos, uma vez que áreas distintas utilizam diferentes tipos de programas computacionais. Esta permite que se elimine a necessidade de réplica de dados de entrada gerados em outra etapa e facilita o fluxo de trabalho entre os programas durante o processo da concepção de um projeto.

Uma das principais vantagens que é imediatamente relacionada a metodologia BIM é a modelagem e visualização em terceira dimensão (3D). Entretanto, o BIM

engloba outros processos que buscam integração e industrialização da construção cada vez maior. Darós (2019) debate sobre a “Teoria dos 10D’s do BIM” proposta pelo professor Ignasi Pérez Arnal e que abrange todo o ciclo de projeto e execução da construção com o objetivo de alinhar todos os agentes que participam do ciclo de vida de uma edificação para alcançar o estágio de construção industrializada.

Ainda segundo Darós (2019), enquanto o BIM 3D refere-se a modelagem tridimensional com a adição de informações, o BIM 4D acrescenta o tempo e planejamento dos elementos modelados, o 5D a economia do projeto, preço, origem, instalação e custos de manutenção. O BIM 6D é focado na questão de sustentabilidade do projeto, enquanto o 7D é relacionado ao ciclo de vida e manutenção da edificação, o 8D se refere a saúde e segurança durante a execução e manutenção da edificação. A nona dimensão trabalha a chamada gestão *lean* do setor de construção ou construção enxuta. Todas as dimensões culminam no BIM 10D, com a industrialização da construção civil (Figura 1).

Figura 1 - Representação das dimensões do BIM



Fonte: DARÓS (2019).

2.2. Projeto Arquitetônico

A ABNT NBR 16636-1 Projeto Arquitetônico (2017, p. 11) define projeto arquitetônico como sendo a:

“Representação do conjunto dos elementos conceituais, concebido, desenvolvido e elaborada por profissional legalmente habilitado, necessária à materialização de uma ideia arquitetônica, realizada por meio de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis, leis, regramentos locais e às alternativas que conduzam à viabilidade da decisão”.

A concepção do projeto arquitetônico é uma tarefa complexa, pois cabe ao projetista contemplar todos os aspectos técnicos envolvidos na construção, atendendo-os da melhor maneira possível. Este profissional também determina as características da edificação: sistema construtivo a ser adotado, dimensões e disposição dos ambientes, tamanho e posição das aberturas, tipo de cobertura, solução estrutural, previsão de instalações (elétricas, hidrossanitários, prevenção contra incêndio, etc.) e equipamentos (elevadores, bombas, motores, etc.), além dos acabamentos internos e externos (pisos, revestimentos, cores, etc.). Estas decisões de projeto são condicionadas por diversos fatores, entre eles a legislação vigente, recomendações técnicas, limitações orçamentárias, durabilidade dos materiais, dificuldades de manutenção e reposição (RAUBER, 2005).

Como instrumento técnico de direcionamento de projetos arquitetônicos, pode-se mencionar principalmente a ABNT NBR 16636:2017 Projeto Arquitetônico e a ABNT NBR 15575-1:2013 Edificações habitacionais – Norma de Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Entretanto, por se tratar de um objeto de interesse dos planos diretores de cada município, o projeto arquitetônico também está sujeito aos respectivos códigos de obras de cada cidade.

2.3. Projeto Estrutural

O projeto estrutural faz parte dos projetos complementares onde são representados e dimensionados os elementos estruturais como viga, pilares e lajes, e demais componentes que sustentam a edificação. É produzido de acordo com o sistema construtivo adotado anteriormente pelo projeto arquitetônico, que já deve buscar soluções compatíveis com o sistema escolhido uma vez que cada um permite uma liberdade arquitetônica diferente. (CARVALHO, 2022).

O projeto estrutural possui grande importância por dois motivos, sendo um deles a segurança, pois a estrutura é responsável por manter a estabilidade da edificação e também o econômico, uma vez que a estrutura representa um peso significativo no orçamento da obra.

Além de estar sujeito ao código de obras de cada município o projeto estrutural possui respaldo técnico pela ABNT de acordo com sua tipologia. Para estruturas de

concreto armado a referência é a ABNT NBR 6118:2014 Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. As estruturas metálicas ficam a cargo da ABNT NBR 8800:2008 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Já a ABNT NBR 7190-1:2022 Projeto de estruturas de madeira/ Parte 1: Critérios de dimensionamento é responsável pelas estruturas de madeira.

2.4. Projeto Hidrossanitário

Gonzaga (2021) define projeto hidrossanitário como o que organiza e planeja tanto o sistema hidráulico quanto o sanitário do imóvel com o objetivo de racionalizar o fornecimento de água para a edificação e realizar o descarte adequado de efluentes.

Esse projeto complementar é a combinação dos projetos hidráulico e sanitário. O primeiro é responsável pela localização das tubulações e componentes hidráulicos, desde o recebimento de água no hidrômetro até a chegada nos pontos de utilização como chuveiros, torneiras, etc. Também engloba a captação de água da chuva no terreno, sua devida destinação até a rede coletora pluvial pública ou reutilização (GONZAGA, 2021).

Já o projeto sanitário compreende toda a coleta da rede de esgoto da edificação até o destino adequado presente na região: rede coletora de esgoto pública, estação de tratamento de esgoto da própria edificação ou fossa séptica (GONZAGA, 2021). Também inclui o projeto de ventilação dos pontos da rede de esgoto, com o objetivo de evitar maus cheiros.

O projeto hidrossanitário muitas vezes corresponde a uma exigência legal da prefeitura local, ficando sua elaboração sujeita às regras e normativas da concessionária de água potável e de coleta de esgoto da cidade. Também é amparado tecnicamente pelas normas respectivas da ABNT: ABNT NBR 5626:2020 Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção; ABNT NBR 10844:1989 Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento; e ABNT NBR 8160:1999 Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução.

2.5. Projeto Elétrico

O projeto elétrico contém de forma detalhada os cálculos, gráficos, desenhos e demais representações de toda a instalação elétrica a ser implementada considerando as necessidades e expectativas da construção (JÚNIOR, 2021).

São classificadas em três tipos principais, segundo JÚNIOR (2021) com base na edificação e seu porte. O projeto elétrico residencial é de menor porte e conseqüente menos complexo. O elétrico predial já apresenta maior complexidade por se tratar de edificação de múltiplos andares e diversas características (residencial, comercial ou misto). Já o projeto elétrico industrial demanda alto nível de complexidade ao propor soluções específicas de acordo com a necessidade da indústria, além de demandar um nível de segurança mais elevado.

Além da regulação da concessionária de energia local, o projeto elétrico deve incluir as definições da Norma Reguladora Nº 10 - Instalações e Serviços de Eletricidade, criada pela Portaria do Ministério do Trabalho e Previdência nº 3.214 de 1978 com última atualização pela Portaria da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho nº 915 de 2019. Além disso, a ABNT dispõe de diversas Normas sobre elaboração de projetos elétricos. Podemos destacar a ABNT NBR 5410:2004 Instalação elétricas de baixa tensão, para as edificações com circuitos elétricos sob tensão nominal igual ou inferior a 1,0 kV; e a ABNT NBR 14039:2021 Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV, para as instalações da referida faixa de tensão.

2.6. Compatibilização de projetos

Tanto o projeto estrutural quanto os projetos de instalações estão condicionados ao projeto arquitetônico, uma vez que este, para a organização do espaço, supõe a interferência da estrutura (locação de pilares, altura de vigas, vãos máximos de lajes, por exemplo), além de localizar e pré-dimensionar os compartimentos utilizados pelas instalações (*shafts*, rebaixos de forro, quadros de medidores, posição e altura de reservatórios de água, posição de interruptores e tomadas, elevadores, etc.). Assim, para que não haja prejuízo aos projetos complementares, a arquitetura deve ser concebida visando a perfeita

compatibilização, o que requer dos profissionais conhecimentos básicos acerca das condições necessárias para a realização dos projetos complementares (RAUBER, 2005).

Quando se trata de um projeto simples, estas diferentes etapas ocorrem quase simultaneamente, isto é, os dois modos de estruturar o pensamento andam em conjunto. Porém em projetos mais complexos é difícil atingir tamanha flexibilidade mental a ponto de conciliar a visão geral com a preocupação pelo detalhe (RAUBER, 2005). Para tal, torna-se interessante a aplicação de métodos, programas ou técnicas para promover a compatibilização entre os projetos envolvidos na edificação em busca de um modelo único o mais próximo possível do real.

Conforme aumenta a complexidade do empreendimento, cresce a necessidade da integração entre as atividades técnicas de projeto (arquitetura, estrutura, instalações prediais, iluminação, comunicação visual, paisagismo, impermeabilização, entre outras) para a construção de uma edificação. Esta integração permite a troca de informações entre os projetistas a fim de otimizar soluções técnicas e econômicas (CORRÊA e NAVIERO, 2001).

3. DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

Para alcançar o objetivo deste trabalho foi realizado um estudo de caso de uma residência térrea envolvendo três projetos (projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário), desenvolvidos em metodologia BIM, por meio da plataforma *Autodesk Revit*®, limitando-se a dimensão 3D da metodologia, e por fim foi realizada a compatibilização com o software *Autodesk Navisworks*®. Os procedimentos adotados serão descritos na sequência.

3.1. Projeto arquitetônico

Para o início do estudo de caso, desenvolveu-se o modelo arquitetônico de uma edificação habitacional térrea, em terreno de condomínio fechado no padrão 12 metros de largura por 30 metros de profundidade, totalizando 360 metros quadrados. Considerou-se que o terreno ficou nivelado a 40cm do nível da rua na extensão de 26m, sendo os 4 primeiros metros, de afastamento frontal obrigatório com inclinação de 9,5% até concordar com a calçada a 2 cm acima do nível de referência.

Para o projeto optou-se por uma residência baseada na tipologia de projeto dos condomínios fechados da cidade de Uberlândia. Essa tipologia foi definida de acordo com a experiência do autor em projetos de um escritório que trabalha predominantemente com esse tipo de edificação. Sendo assim, foi definido que a construção deveria possuir 3 suítes (sendo uma delas com closet e banheiro com duas cubas e dois chuveiros), sala de TV, sala de jantar, cozinha, escritório, lavabo interno, lavabo externo, varanda gourmet, área de serviço, despensa e garagem para dois carros. Para este tipo de edificação considerou-se além da água fria, a água quente para chuveiros, lavatórios dos banheiros e pia de cozinha.

Desenvolveu-se com base na tipologia pesquisada e descrita, o projeto arquitetônico. Foram diversas as tentativas de encontrar a disposição ideal dos ambientes até a definição apresentada no *layout*, onde as suítes, área de serviço, despensa e lavabo externo ficaram dispostos do lado direito, enquanto os demais ambientes foram localizados do lado esquerdo. Para os ambientes do lado esquerdo

foi adotado o pé-direito de 4,20m, no entanto, a varanda gourmet e a garagem ficaram com o pé direito de 3,20 m como os ambientes à direita.

A edificação totalizou 202,81 m² de área, sendo 156,71 m² de área coberta fechada e 46,10 m² de área coberta aberta. A taxa de ocupação foi de 56,34 %, e 114,55 m² de área permeável, representando 31,82%.

As esquadrias foram definidas conforme a área de ventilação e iluminação necessária e o ambiente a ser aplicado, variando de material e tipo. Já o mobiliário, louças e metais foram definidos seguindo o padrão verificado desta tipologia de residência. Todas essas inserções foram realizadas com o auxílio de famílias de dados importadas de fabricantes e de bancos de dados especializados.

Os acabamentos (pinturas, pisos) foram definidos e modelados no próprio programa, assim como os rufos, pingadeiras e calhas. Estas últimas foram previamente definidas como de seção retangular, com 30 cm de largura e 20 cm de profundidade, a se confirmar com o dimensionamento de águas pluviais. A cobertura escolhida foi de telhas de fibrocimento, com fechamento por platibandas.

O barrilete foi alocado imediatamente acima da área de serviço, do lavabo e da despensa, e para a compatibilidade da dimensão do barrilete com os reservatórios a serem adotados, efetuou-se o dimensionamento nessa etapa. Segundo Macintyre (2010), o dimensionamento do volume de água V_A de um reservatório, em litros, é calculado por meio da Equação 1:

$$V_A = (CD \cdot P) \cdot D \quad (1)$$

Onde:

- CD é o consumo diário da edificação, em L/ pessoas/ dia;
- P é a população total da edificação;
- D é a quantidade de dias de consumo que o reservatório deverá atender

Considerando para cada dormitório 2 pessoas, tem-se uma população total de 6 pessoas. Carvalho Júnior (2014) considera que o consumo de água fria deve ser de 250 L/pessoa e de água quente 50 L, e recomenda-se reserva mínima de 2 dias com a justificativa da instabilidade de abastecimento recorrente no país. Assim, calculou-

se 3000 L para o reservatório de água fria e 600 L para o de água quente. Foram adotados um reservatório de água fria de 3000 L, de polietileno da marca *Fortlev*, e um reservatório tipo *boiler* de água quente de 600 L da marca *Heliotek*.

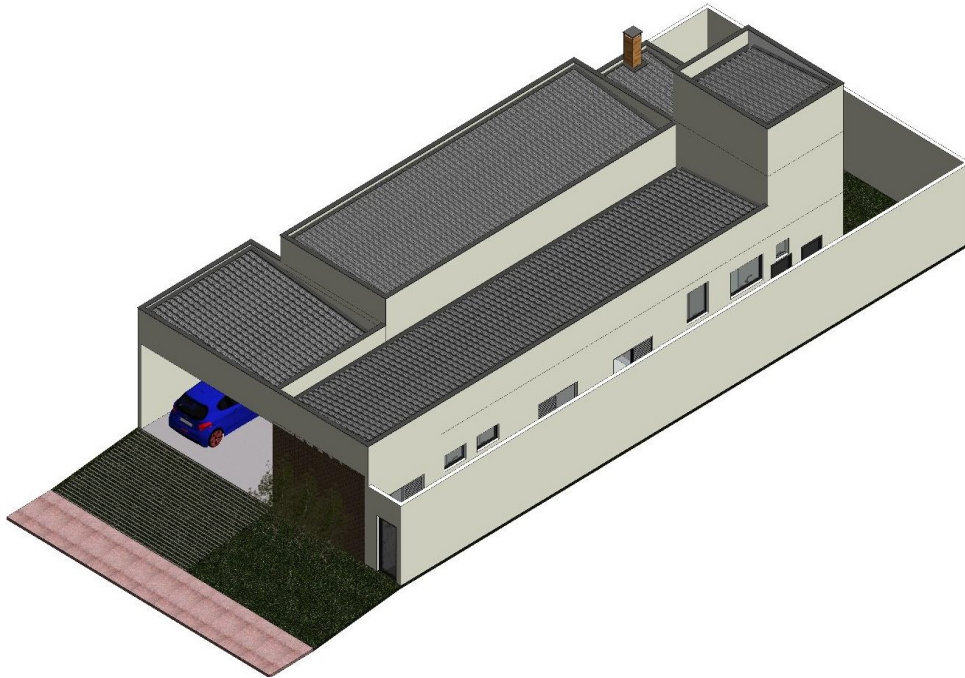
Na Figura 2 ilustra-se a planta baixa do modelo arquitetônico, enquanto na Figura 3 contém uma representação tridimensional do modelo.

Figura 2- Planta Baixa final do modelo arquitetônico



Fonte: Autor

Figura 3- Modelo arquitetônico em 3D



Fonte: Autor

3.2. Projeto Estrutural

Com base no modelo arquitetônico desenvolvido, iniciou-se a concepção do modelo estrutural. Como o principal objetivo deste trabalho é demonstrar a interação de diversos projetos dentro de uma mesma plataforma BIM, restringiu-se ao pré-dimensionamento da estrutura, seguindo as definições de Pinheiro (2007) para os cálculos.

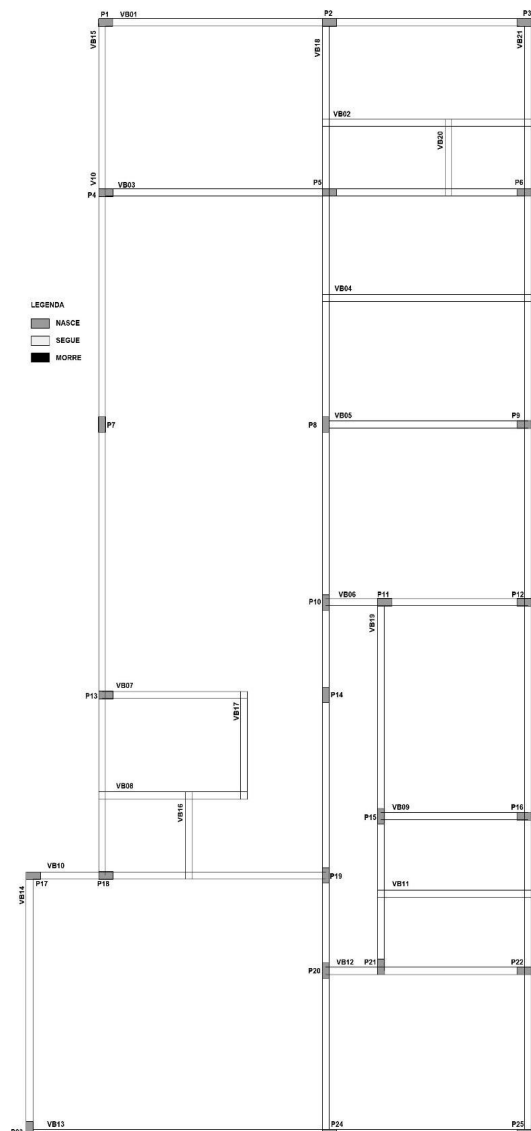
Foram realizadas algumas definições referentes a estrutura, de acordo com a norma ABNT NBR 6118:2014, sendo:

1. A seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm, conforme Item 13.2.2 da ABNT NBR 6118:2014;
2. A largura adotada das vigas foi de 14 cm, considerando que cada face terá 0,5 cm de revestimento, totalizando o 15 cm de espessura das alvenarias;
3. Duas alturas foram adotadas para as lajes, a fim de melhorar o fluxo de trabalho em obra;

4. Devido a espessura das vigas ser de 14 cm, para evitar sobressaltos nas paredes, a espessura inicial adotada dos pilares também foi de 14 cm;
5. Considerando o Item 13.2.3 da ABNT NBR 6118:2014, a área de seção transversal do pilar não pode ser inferior a 360 cm², sendo assim, a largura mínima possível do pilar determinada foi de 25,7 cm, com isso, a largura adotada para os pilares foram de 30 cm para facilitar a modulação em obra.

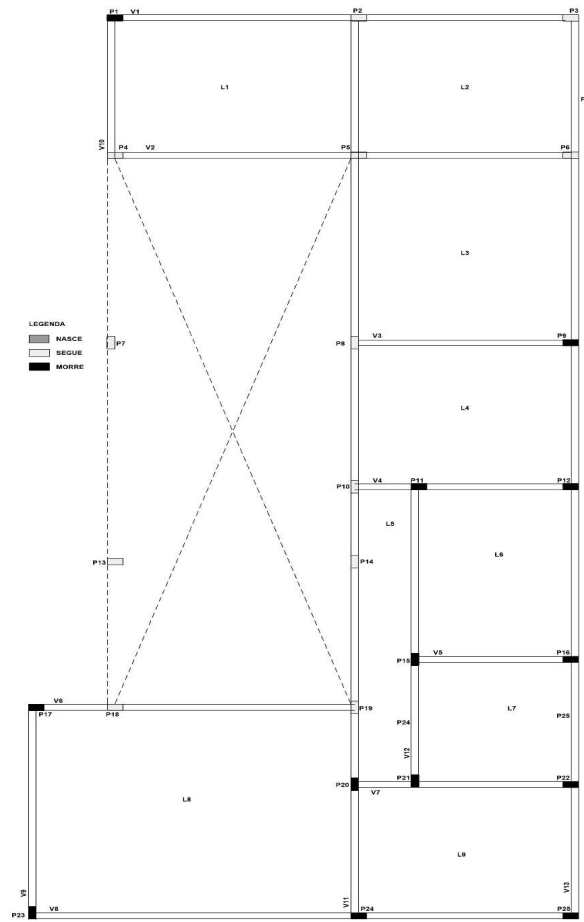
Com base nas premissas descritas, foram desenvolvidas as plantas de forma iniciais, que serviram de base para o pré-dimensionamento da estrutura, conforme Figuras 4, 5, 6 e 7 (podem ser visualizadas melhor no Apêndice A).

Figura 4 - Planta de forma inicial do pavimento térreo



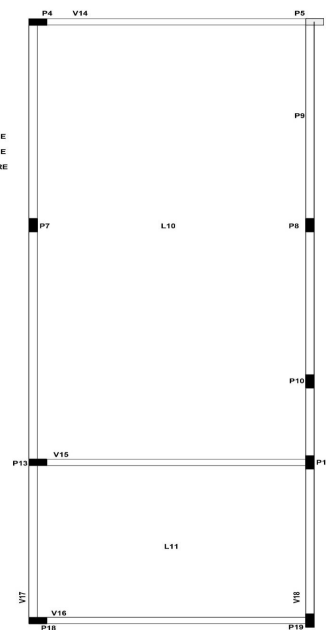
Fonte: Autor

Figura 5 - Planta de forma inicial das lajes dos quartos



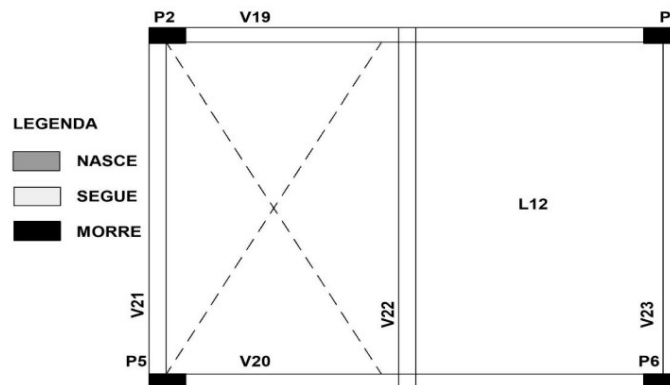
Fonte: Autor.

Figura 6 – Planta de forma inicial da laje da sala



Fonte: Autor.

Figura 7 - Planta de forma do reservatório



Fonte: Autor.

Após determinar as plantas de formas, partiu-se para o pré-dimensionamento dos elementos estruturais conforme Pinheiro (2007):

3.2.1. Pré-dimensionamento das vigas

Para o pré-dimensionamento da altura das vigas, Pinheiro (2007) sugere uma estimativa:

- Para tramos internos: $h_{est} = \frac{l_0}{12}$;
- Para tramos externos ou vigas bi apoiadas: $h_{est} = \frac{l_0}{10}$;
- Para vigas em balanço: $h_{est} = \frac{l_0}{5}$

Onde h_{est} é a altura estimada da viga, e l_0 a largura máxima do tramo.

Para as vigas baldrame foi adotada dimensão padrão de 14 x 30 cm, com base nas estruturas comumente encontradas na tipologia de acordo com os projetos no qual o autor teve contato em escritório de engenharia.

De acordo com as plantas de forma foram calculadas as alturas das vigas e definidas suas dimensões considerando a altura final como valor múltiplo de 5 por questões técnicas. O memorial de pré-dimensionamento encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Pré-dimensionamento das vigas

Viga	L _{adot} (cm)	Tramo int. max. (cm)	H1 (cm)	Tramo ext. max. (cm)	H2 (cm)	H _{máx}	H _{adot} (cm)	L x H _{adot}
V1	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V2	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V3	14	0	0,00	427	42,70	42,70	45	14x45
V4	14	0	0,00	312	31,20	31,20	35	14x35
V5	14	0	0,00	312	31,20	31,20	35	14x35
V6	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V7	14	0	0,00	312	31,20	31,20	35	14x35
V8	14	0	0,00	622	62,20	62,20	65	14x65
V9	14	0	0,00	514	51,40	51,40	55	14x55
V10	14	0	0,00	344	34,40	34,40	35	14x35
V11	14	450	37,50	337	33,70	37,50	40	14x40
V12	14	0	0,00	415	41,50	41,50	45	14x45
V13	14	450	37,50	337	33,70	37,50	40	14x40
V14	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V15	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V16	14	0	0,00	479	47,90	47,90	50	14x50
V17	14	525	43,75	457	45,70	45,70	50	14x50
V18	14	345	28,75	457	45,70	45,70	50	14x50
V19	14	0	0,00	434	43,40	43,40	45	14x45
V20	14	0	0,00	434	43,40	43,40	45	14x45
V21	14	0	0,00	344	34,40	34,40	35	14x35
V22	14	0	0,00	344	34,40	34,40	35	14x35
V23	14	0	0,00	344	34,40	34,40	35	14x35

Fonte: Autor.

3.2.2. Pré-dimensionamento das lajes

Pinheiro (2007) define o pré-dimensionamento da altura das lajes (h) através da Equação 2:

$$h = d + \frac{\phi}{2} + c \quad (2)$$

Onde:

- d é a altura útil da laje;
- ϕ é o diâmetro das barras a serem utilizadas;
- C é o cobrimento nominal da armadura;

O cobrimento nominal é dado pela Equação 3:

$$c = c_{min} + \Delta c \quad (3)$$

Onde:

- c_{min} é o cobrimento mínimo;
- Δc é a tolerância de execução

O c_{min} é definido pela ABNT NBR 6118:2014 de acordo com a classe de agressividade ambiental considerada para a estrutura. Conforme a Tabela 6.1 da ABNT NBR 6118:2014 (Quadro 1), as classes são divididas de I (fraca) até IV (muito forte):

Quadro 1 - Classes de agressividade ambiental segundo NBR 6118:2014

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Considerando a classe de agressividade ambiental, e uma tolerância Δc de 10 mm, encontra-se o cobrimento nominal mínimo a ser adotado, conforme Tabela 7.2 da ABNT NBR 6118:2014 (Quadro 2).

Quadro 2 - Cobrimento nominal mínimo para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014).

Considerando que a estrutura está localizada em região urbana não litorânea, a classe de agressividade ambiental atingida é a de tipo II. Com isso, para as lajes o c_{\min} equivale a 25 mm. Para o diâmetro utilizado, sugeriu-se aço CA-50 com bitola mínima de 6,3 mm. A altura útil da laje é definida de acordo com a Equação 4:

$$d_{est} = (2,5 - 0,1 \cdot n) \cdot \frac{l}{100} \quad (4)$$

Onde:

- n é o número de bordas engastadas;
- l^* é um valor referente ao maior valor entre:
 - l_x , ou largura do menor vão;
 - $0,7 \cdot l_y$, onde l_y é a largura do maior vão;

Na Tabela 4 é apresentado o resumo do pré-dimensionamento das lajes, com altura adotada final considerando a existência de apenas duas alturas distintas em todo o projeto.

Tabela 2 – Pré-dimensionamento das lajes

Laje	n	l_x (cm)	l_y (cm)	l^* (mm)	d_{est}	c (mm)	$\phi/2$ (mm)	h_{est} (cm)	h_{adot} (cm)	$h_{adot\ final}$ (cm)
L1	1	337	472,00	330	7,93	35,00	3,15	11,7446	12	12
L2	2	337	427,00	299	6,87	35,00	3,15	10,6897	10	12
L3	2	427	450,00	315	7,25	35,00	3,15	11,06	12	12
L4	2	345	427,00	299	6,87	35,00	3,15	10,6897	11	12
L5	4	115	715,00	115	2,42	35,00	3,15	6,23	7	12
L6	3	305	415,00	291	6,39	35,00	3,15	10,206	11	12
L7	3	300	305,00	214	4,70	35,00	3,15	8,512	9	12
L8	1	514	622,00	435	10,45	35,00	3,15	14,2646	15	16
L9	2	322	427,00	299	6,87	35,00	3,15	10,6897	11	12
L10	1	479	982,00	479	11,50	35,00	3,15	15,311	16	16
L11	1	357	479,00	335	8,05	35,00	3,15	11,8622	12	12
L12	0	344	230,00	161	4,03	35,00	3,15	7,84	12	12

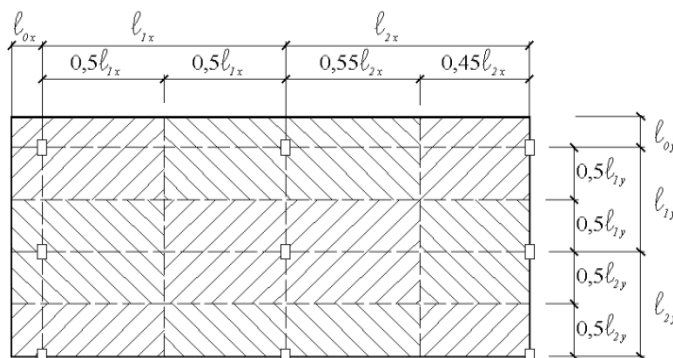
Fonte: Autor.

3.2.3. Pré-dimensionamento dos pilares

Para Pinheiro (2007), o pré-dimensionamento dos pilares é realizado por meio do processo denominado por áreas de influência. Nesse método, a área total do pavimento é dividida em regiões de influência definidas para cada pilar, estimando assim quanta carga cada um deverá absorver.

A área de influência dos pilares é obtida dividindo as distâncias de cada eixo em intervalos de acordo com a posição do pilar em relação a estrutura como um todo, seguindo os descritos critérios (Figura 8):

Figura 8 - Exemplo de áreas de influência de pilares



Fonte: Pinheiro (2007)

- 0,45 l : em pilar de extremidade e de canto, na direção da sua menor dimensão;
- 0,55 l : nos complementos dos vãos do caso anterior;

- 0,50*l: para pilar de extremidade e de canto, na direção da sua maior dimensão.

Para se calcular a área da seção de cada pilar, utilizamos o procedimento de Bacarji e Pinheiro, segundo Vera *et al* (2019), conforme Equação 5:

$$A_c = \frac{\alpha \cdot A_i \cdot p \cdot (n + 0,7)}{\sigma_{id}} \quad (5)$$

Onde:

- A_c é a área da seção de concreto b x h (cm²);
- α é o coeficiente que leva em conta as excentricidades de carga, e considera:
 - $\alpha = 1,8$ para pilares internos;
 - $\alpha = 2,2$ para pilares de extremidade;
 - $\alpha = 2,5$ para pilares de canto;
- A_i é a área de influência do pilar (cm²);
- p é o carregamento uniformemente distribuído (peso próprio e carga acidental) (kN/cm²);
- n é o número de pavimentos tipo acima do pilar que se deseja fazer o pré-dimensionamento;
- $(n+0,7)$ o número que considera a cobertura, com carga estimada em 70% da relativa ao pavimento-tipo; como as lajes já representam a cobertura por se tratar de pavimento térreo, será considerado $(n+0,7)$ igual a 1;
- σ_{id} é a tensão ideal de cálculo.

A tensão ideal de cálculo σ_{id} é obtida conforme Equação 6:

$$\sigma_{id} = 0,85 \cdot f_{cd} + \rho \cdot \sigma_{s2} \quad (6)$$

Onde:

- f_{cd} é a resistência de cálculo à compressão do concreto, que equivale a resistência característica à compressão do concreto f_{ck} sobre um coeficiente de ponderação das resistências γ_m de 1,4 (kN/cm²);
- ρ é a taxa de armadura (%);
- σ_{s2} é a resistência de cálculo do aço relativa à deformação de 0,2% (kN/cm²)

Utilizando aço CA-50, que possui σ_{s2} igual a 42 kN/cm², concreto C25 de f_{cd} igual a 17,857 kN/ cm² e uma taxa de armadura mínima de 0,15%, a tensão ideal calculada é de 15,242 kN/cm².

O carregamento uniformemente distribuído p considera as ações permanentes e ações variáveis da estrutura. De acordo com a ABNT NBR 6120:2019, as ações permanentes são aquelas que atuam com valores praticamente constantes, ou com pequena variação em torno de sua média, durante a vida da edificação (como o peso próprio da estrutura e demais elementos construtivos). As ações variáveis são aquelas cujos valores, estabelecidos por consenso, apresentam variações significativas em torno de sua média durante a vida da edificação (como ações de uso e ocupação sobre pisos e coberturas, ação do vento e temperatura).

As ações permanentes adotadas foram: o peso próprio da estrutura (admitindo espessura média de 15 cm), o peso da cobertura e o peso do reservatório de água fria e água quente. As ações variáveis são referentes a cobertura e ao barrilete. Os valores foram calculados de acordo com os dados da ABNT NBR 6120:2019 e estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo das ações permanentes e variáveis

Ações permanente	(kN/ cm²)
Peso próprio	0,00038
Cobertura	0,00004
Reservatório	0,00046
Ações variáveis	(kN/ cm²)
Cobertura	0,00015
Barrilete	0,00015

Fonte: Autor

As ações totais para os pilares foram a soma do peso próprio, cobertura (ações permanentes) e cobertura (ações variáveis), de 0,000565 kN/ cm². Para os pilares P2, P3, P5 e P6 foram acrescidas as ações permanentes dos reservatórios e ação variável do barrilete, totalizando 0,001170 kN/ cm². Com os valores definidos, finalizou-se o pré-dimensionamento dos pilares, conforme Tabela 4.

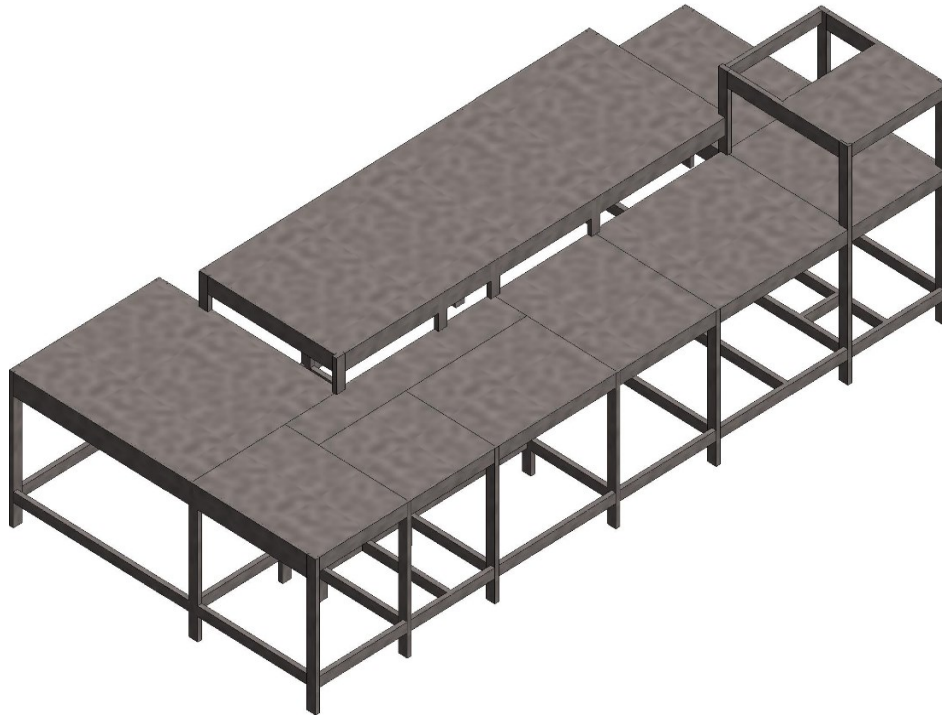
Tabela 4 - Pré dimensionamento dos pilares

Pilar	α	A_i (cm ²)	p (kN/cm ²)	y_n	σ_{id}	A_c (cm ²)	b (cm)	h (cm)	$b \times h_{adot}$ (cm)
P1	2,5	39320	0,000565	1	15,2416	4,5549	14	0,3254	14x30
P2	2,2	67420	0,001170	1	15,2416	14,2324	14	1,0166	14x30
P3	2,5	32430	0,001170	1	15,2416	7,7796	14	0,5557	14x30
P4	2,5	97310	0,000565	1	15,2416	11,2727	14	0,8052	14x30
P5	2,5	180590	0,001170	1	15,2416	43,3213	14	3,0944	14x30
P6	2,2	85310	0,001170	1	15,2416	18,0090	14	1,2864	14x30
P7	1,8	123070	0,000565	1	15,2416	10,2649	14	0,7332	14x30
P8	2,2	190810	0,000565	1	15,2416	19,4515	14	1,3894	14x30
P9	2,2	83280	0,000565	1	15,2416	8,4897	14	0,6064	14x30
P10	2,2	79790	0,000565	1	15,2416	8,1339	14	0,5810	14x30
P11	2,2	81130	0,000565	1	15,2416	8,2705	14	0,5908	14x30
P12	2,2	59280	0,000565	1	15,2416	6,0431	14	0,4316	14x30
P13	2,2	109890	0,000565	1,25	15,2416	11,2024	14	0,8002	14x30
P14	2,2	83580	0,000565	1	15,2416	8,5203	14	0,6086	14x30
P15	2,2	76330	0,000565	1	15,2416	7,7812	14	0,5558	14x30
P16	2,2	55770	0,000565	1	15,2416	5,6853	14	0,4061	14x30
P17	2,5	21200	0,000565	1	15,2416	2,4559	14	0,1754	14x30
P18	2,5	118410	0,000565	1	15,2416	13,7169	14	0,9798	14x30
P19	2,5	78040	0,000565	1	15,2416	9,0404	14	0,6457	14x30
P20	2,2	90190	0,000565	1	15,2416	9,1941	14	0,6567	14x30
P21	2,2	69160	0,000565	1	15,2416	7,0503	14	0,5036	14x30
P22	2,2	50540	0,000565	1	15,2416	5,1521	14	0,3680	14x30
P23	2,5	72860	0,000565	1	15,2416	8,4403	14	0,6029	14x30
P24	2,2	82320	0,000565	1	15,2416	8,3918	14	0,5994	14x30
P25	2,5	31020	0,000565	1	15,2416	3,5934	14	0,2567	14x30

Fonte: Autor

Percebeu-se que as dimensões necessárias de todos os pilares ficaram abaixo dos valores mínimos, com isso, todos os pilares do empreendimento serão de 14x30cm, conforme planta de formas (Figuras 4 a 7). Passou-se para o modelo estrutural por meio do *Revit*, considerando modelo arquitetônico com vínculo. O modelo em 3D da estrutura ficou conforme Figura 9.

Figura 9 - Modelo Estrutural em 3D



Fonte: Autor

3.3. Projeto Hidrossanitário

O projeto hidrossanitário da edificação contempla os sistemas de água fria, água quente, drenagem pluvial e esgoto, seguindo os parâmetros definidos pelas respectivas normas. O sistema de água quente abastece as torneiras dos lavatórios, da cozinha, área de serviço e chuveiros.

3.3.1. Sistemas de água fria e água quente

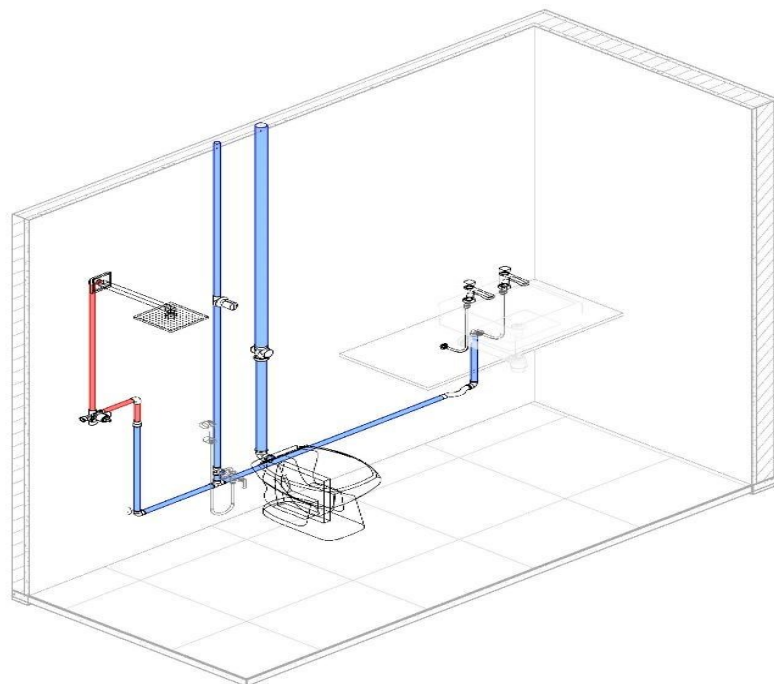
Para o dimensionamento dos sistemas de água fria e água quente foi utilizado o *plugin* “TigreBIM®” fornecido pela OFCDesk©. O dimensionamento pelo *plugin* é efetuado com base no traçado em projeto, considerando as vazões relativas em cada ponto de utilização, as perdas de carga dentro do sistema e as pressões mínimas e máximas a serem consideradas.

Por uma limitação do *plugin* é possível analisar somente os sistemas considerados fechados. Sendo assim, não é possível dimensionar ao mesmo tempo o sistema de água fria e água quente em pontos onde trabalham simultaneamente, como nas válvulas de monocomando dos chuveiros. A solução encontrada foi analisar separadamente cada sistema adaptando o modelo da tubulação de forma a manter o sistema fechado, mas ainda sim considerando qual tipo de água (quente ou fria) existe em cada trecho. Conforme o resultado do dimensionamento, manteve-se a modelagem proposta ou alterou-se o necessário a fim de atender os parâmetros exigidos em normas.

Conforme o Item 6.9.2 da ABNT NBR 5626:2020 a pressão mínima exigida em um ponto de utilização é de 10 kPa ou 1 m.c.a., enquanto o Item 6.9.3 enuncia a pressão mínima de rede de 5 kPa ou 0,5 m.c.a. A pressão máxima permitida, conforme Item 6.9.5 da ABNT NBR 5626:2020, é de 400 kPa ou 40 m.c.a. A velocidade máxima recomendada em cada trecho para se evitar picos de pressão é de 3 m/s, conforme Item 6.8.3.

Definidos os parâmetros foi realizado a modelagem do sistema de água fria da edificação. A Figura 10 mostra o modelo de água fria do banheiro de uma das suítes.

Figura 10 - Trecho do modelo de água fria



Fonte: Autor

Para a modelagem do sistema de água fria foi utilizada tubulação de PVC da marca Tigre®, aplicando os diâmetros e pontos de utilização indicados nas famílias das peças hidrossanitárias. Também foram conferidos os dados presentes nas famílias a serem adotadas pelo *plugin* para a análise: pressão mínima e máxima, vazão de projeto e peso relativo. Estes dois últimos dados não são enunciados pela ABNT NBR 5626:2020, mas sim na norma anterior, a ABNT NBR 5626:1998, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Vazões de projeto e peso relativo dos aparelhos hidrossanitários

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: ABNT NBR 5626:1998

Finalizada a modelagem, efetuou-se o primeiro dimensionamento seguindo o direcionamento do *plugin*: indicar a tubulação por onde o sistema inicia, definir a pressão inicial do sistema (que usualmente é fixada em 0 m.c.a. a fim de analisar o

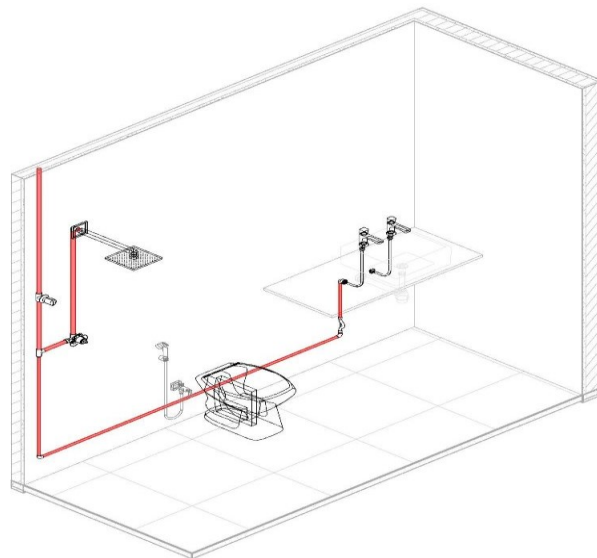
pior caso possível), marcar o eixo de referência de altura e determinar se os aparelhos são utilizados de forma simultânea ou não.

Na primeira análise sete trechos de tubulação e nove pontos de utilização ficaram abaixo da pressão mínima estipulada em normativa. Assim, foram realizadas alterações em alguns diâmetros do barrilete e da distribuição, além do aumento da altura do reservatório em diversos testes. Os novos resultados apresentaram redução dos pontos e trechos em desacordo, conforme a altura do reservatório era elevada.

Ao final o modelo de água fria foi aprovado conforme o *plugin*, com todos os pontos e trechos sendo atendidos devidamente após aumentar a altura do reservatório em 1,0 m (Tabela 6). O resultado completo da Tabela 6 está disposto no Apêndice B.

A modelagem do sistema de água quente ocorreu de forma idêntica ao de água fria, porém utilizando os tubos de CPVC conforme Figura 11. Diferentemente do sistema anterior, aqui tem-se um sistema pressurizado devido a temperatura da água. Conforme manual da fabricante Heliotek, para o modelo referenciado do boiler de 600 l tem-se pressão de trabalho de 5 m.c.a. O dimensionamento foi aprovado na primeira tentativa (Tabela 7) utilizando os diâmetros recomendados nos aparelhos e adotados então desta forma. O resultado completo do dimensionamento de água quente está disposto no Apêndice B.

Figura 11 - Trecho do modelo de água quente



Fonte: Autor

Tabela 7 – Dimensionamento do sistema de água quente

Trecho	Soma do Peso	Vazao Estimada (l/s)	Diametro Nominal (mm)	Diametro Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga Unitaria (kPa/m)	Diferenca de Cota (m)	Pressao Disponivel (kPa)	Comprimento da Tubulacao real (m)	Comprimento da Tubulacao Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulacao (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressao Disponivel Residual (kPa)	Pressao requerida no ponto de utilizacao (kPa)
1 – 2	6,8	1	28	23,10	1,870	1,8800	1,830	68,330	2,270	4,270	8,050	8,05	60,280	5
2 – 3	5,4	1	28	23,10	1,660	1,5400	0,000	60,280	0,220	1,020	1,570	1,57	58,710	5
3 – 4	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	3,560	94,260	8,780	18,880	56,350	56,35	37,910	10
3 – 5	5,1	1	28	23,10	1,620	1,4700	0,000	58,710	0,700	1,500	2,200	2,20	56,510	5
5 – 6	2	0	22	18,00	1,670	2,1100	4,220	98,690	5,080	12,680	26,790	26,79	71,900	5
6 – 7	1	0	20	20,00	0,950	0,7000	-0,430	67,560	0,460	3,560	2,490	2,49	65,070	10
6 – 8	1	0	20	20,00	0,950	0,7000	-0,450	67,400	1,010	4,010	2,800	2,80	64,600	10
5 – 9	3,1	1	28	23,10	1,260	0,9500	0,000	56,510	0,480	1,380	1,310	1,31	55,200	5
9 – 10	1,4	0	22	18,00	1,390	1,5500	3,470	89,880	4,870	12,470	19,280	19,28	70,600	5
10 – 11	1	0	22	18,00	1,180	1,1500	0,930	79,940	0,800	2,300	2,650	2,65	77,300	5
11 – 12	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	-0,960	67,650	3,670	12,570	6,490	6,49	61,160	5
12 – 13	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-1,000	51,160	1,030	1,830	0,570	0,57	50,580	10
11 – 14	0,6	0,23	15	11,80	2,120	5,4800	0,000	77,300	1,810	4,710	25,780	25,78	51,520	5
14 – 15	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	-0,870	42,870	1,740	5,440	16,250	16,25	26,620	10
14 – 16	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	-0,850	42,980	0,960	5,060	15,120	15,12	27,860	10
10 – 17	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	0,000	70,600	0,190	0,990	0,510	0,51	70,090	5
17 – 18	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	60,380	0,990	3,390	1,060	1,06	59,320	10
17 – 19	1,7	0	28	23,10	0,930	0,5600	1,220	82,300	15,380	20,180	11,310	11,31	70,990	5
19 – 20	0,7	0	22	18,00	0,990	0,8400	2,260	93,630	2,350	5,250	4,420	4,42	89,210	5
20 – 21	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	0,000	89,210	0,190	1,090	0,560	0,56	88,640	5
21 – 22	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	78,930	0,980	4,080	1,280	1,28	77,660	10
21 – 23	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	0,080	89,490	4,000	9,000	26,880	26,88	62,620	10
19 – 24	1	0	22	18,00	1,180	1,1500	0,000	70,990	0,470	3,570	4,110	4,11	66,880	5
24 – 25	0,7	0	22	18,00	0,990	0,8400	2,260	89,520	2,440	7,040	5,930	5,93	83,590	5
25 – 26	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	0,070	84,290	3,550	9,050	27,030	27,03	57,250	10
25 – 27	0,4	0,19	22	18,00	0,750	0,52	0,000	83,590	0,190	1,090	0,560	0,56	83,030	5
27 – 28	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	73,320	0,980	4,080	1,280	1,28	72,040	10
27 – 29	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	2,350	106,520	11,960	23,760	70,940	70,94	35,580	10
2 – 30	1,4	0	22	18,00	1,390	1,5500	1,220	72,450	11,180	20,880	32,290	32,29	40,170	5
30 – 31	0,7	0,25	20	20,00	0,800	0,51	2,490	65,060	3,830	11,430	5,840	5,84	59,220	10
30 – 32	0,7	0	20	20,00	0,800	0,5100	2,490	65,060	9,050	22,550	11,530	11,53	53,540	10

Fonte: Autor

3.3.2. Sistema de esgoto e ventilação

Para o dimensionamento do sistema de esgoto optou-se pelo dimensionamento manual por meio das tabelas fornecidas pela ABNT NBR 8160:1999 devido a relativa simplicidade de realização do dimensionamento para uma casa de pavimento térreo. O método utilizado foi o cálculo por Unidades Hunter de Contribuição (UHC), fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário.

Pode-se dividir os sistemas de esgoto em quatro partes: ramais de descarga, ramais de esgoto, subcoletores e coletor predial. Ramais de descarga são aqueles que recebem diretamente o efluente do aparelho sanitário, já os ramais de esgoto são os que recebem os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou por meio de algum desconector como caixas sifonadas. Os subcoletores são os que recebem efluentes de um ou mais ramais de esgoto (ou de tubos de queda), enquanto o coletor predial é o último trecho compreendido entre o último subcoletor, ramal de esgoto, ramal de descarga ou caixa de inspeção geral até o coletor público. O Item 5.1.2.1 da ABNT NBR 8160:1999 define, pela Tabela (Tabela 8), o número de UHC de cada aparelho sanitário, bem como o diâmetro nominal mínimo que os ramais de descarga devem possuir.

Tabela 8 - UHC de aparelhos sanitários e diâmetro mínimo de ramais

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 ¹⁾
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 ²⁾	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar roupas		2	50 ³⁾
Máquina de lavar roupas		3	50 ³⁾

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

O Item 5.1.2.3 da ABNT NBR 8160:1999 detalha os diâmetros mínimos dos ramais de esgoto enquanto o Item 5.1.4.1 trata sobre os diâmetros mínimos dos subcoletores e coletores prediais em função das declividades mínimas, conforme Tabelas 09 e 10, respectivamente.

Tabela 9 - Diâmetros mínimos dos ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

Tabela 10 - Diâmetros mínimos dos subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Fonte: ABNT NBR 8160:1999

Considerando também os seguintes itens presentes na ABNT NBR 8160:1999:

1. Os efluentes provenientes de cozinhas devem passar por caixas de gordura. Por se tratar de somente duas cozinhas, o modelo aplicado é o de caixa de gordura simples (Item 5.1.5.1.1 b);
2. As mudanças de direção, declividade e junção de tubulações devem ser realizadas por meio de caixas de inspeção (Item 4.2.6.2). Em subcoletores

e coletores podem ser utilizados desvios com peças de ângulo central igual ou inferior a 45° desde que acompanhem elementos que possibilitem inspeção (Item 4.2.5.1);

3. As declividades mínimas dos ramais de descarga e esgoto devem ser de 2% para as tubulações de diâmetro nominal igual ou inferior a 75, e de 1% para diâmetro nominal igual ou superior a 100 (Item 4.2.3.2). Para subcoletores e coletor predial a declividade máxima considerada é de 5% (Item 4.2.5.2).

A partir dessas informações foi realizado o dimensionamento do sistema de esgoto, separando os trechos de acordo com sua classificação e aplicando os diâmetros e declividades previstos anteriormente em norma. Na Tabela 11 está resumido o dimensionamento.

Tabela 11 - Dimensionamento da rede de esgoto

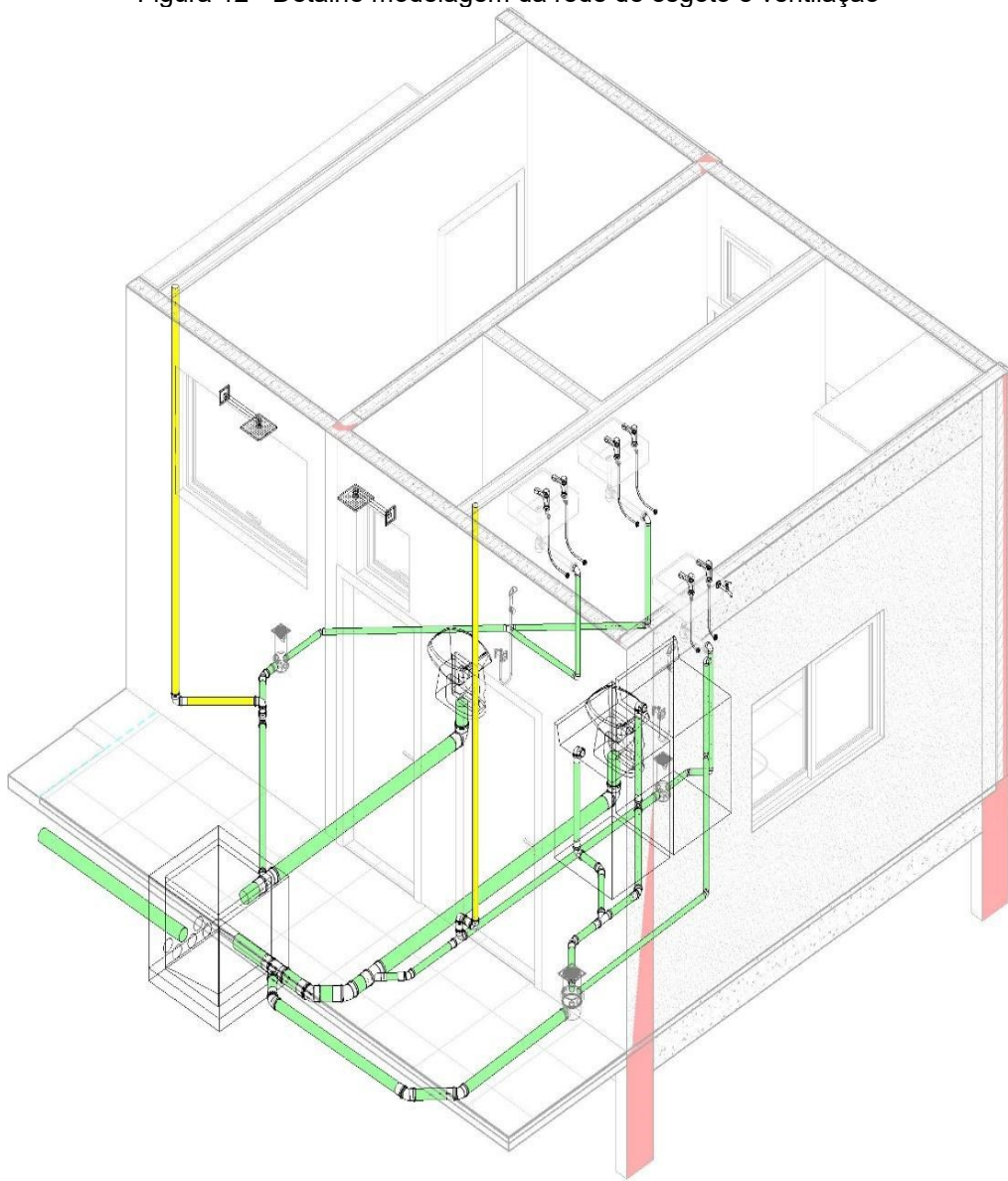
TRECHO	PONTO INICIAL	LOCAL	PONTO FINAL	LOCAL	UHC TOTAL	DN	TIPO
A1	Tanque	A. SERVIÇO	Cx. Sifonada	A. SERVIÇO	9,0000	50,0000	RAMAL DESCARGA
A2	Cx. Sifonada	A. SERVIÇO	B2	CORREDOR LAT. DIR.	9,0000	75,0000	RAMAL ESGOTO
B1	Lavatório	LAVABO EXT.	Cx. Sifonada	LAVABO EXT.	1,0000	40,0000	RAMAL DESCARGA
B2	Cx. Sifonada	LAVABO EXT.	Cx. Inspeção 01	CORREDOR LAT. DIR.	16,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
C1	Lavatório	BANHO SUÍTE	Cx. Sifonada	BANHO SUÍTE	2,0000	40,0000	RAMAL DESCARGA
C2	Cx. Sifonada	BANHO SUÍTE	Cx. Inspeção 01	BANHO SUÍTE	8,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
D	Cx. Inspeção 01	CORREDOR LAT. DIR.	Cx. Inspeção 02	CORREDOR LAT. DIR.	24,0000	100,0000	SUBCOLETOR
E1	Lavatório	BANHO 01	Cx. Sifonada	BANHO 01	1,0000	40,0000	RAMAL DESCARGA
E2	Cx. Sifonada	BANHO 01	Cx. Inspeção 02	CORREDOR LAT. DIR.	7,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
F1	Lavatório	BANHO 02	Cx. Sifonada	BANHO 02	1,0000	40,0000	RAMAL DESCARGA
F2	Cx. Sifonada	BANHO 02	Cx. Inspeção 02	CORREDOR LAT. DIR.	7,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
G	Cx. Inspeção 02	CORREDOR LAT. DIR.	Cx. Inspeção 04	CORREDOR LAT. DIR.	38,0000	100,0000	SUBCOLETOR
H1	Pia Cozinha	VARANDA GOURMET	Cx. Gordura Simples	CORREDOR LAT. ESQ.	6,0000	50,0000	RAMAL DESCARGA
H2	Pia Cozinha	COZINHA	Cx. Gordura Simples	CORREDOR LAT. ESQ.	6,0000	50,0000	RAMAL DESCARGA
H3	Cx. Gordura Simples	CORREDOR LAT. ESQ.	Cx. Inspeção 03	CORREDOR LAT. ESQ.	12,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
I1	Lavatório	LAVABO INT.	Cx. Sifonada	LAVABO INT.	1,0000	40,0000	RAMAL DESCARGA
I2	Cx. Sifonada	LAVABO INT.	Cx. Inspeção 03	CORREDOR LAT. ESQ.	7,0000	100,0000	RAMAL ESGOTO
J	Cx. Inspeção 03	CORREDOR LAT. ESQ.	Cx. Inspeção 04	CORREDOR LAT. DIR.	19,0000	100,0000	SUBCOLETOR
K	Cx. Inspeção 04	CORREDOR LAT. DIR.	Rede Pública	CORREDOR LAT. DIR.	57,0000	100,0000	COLETOR PREDIAL

Fonte: Autor

O dimensionamento do sistema de ventilação é realizado também conforme a ABNT NBR 8160:1999, para garantir ventilação apropriada aos trechos que contêm bacias sanitárias. Conforme o Item 5.2 para grupos de aparelhos com bacia sanitária o ramal de ventilação deverá possuir diâmetro nominal de 50.

Com isso, foi realizado o modelo da rede de esgoto (em verde) e de ventilação (em amarelo) seguindo os diâmetros e declividades definidas e utilizando tubulação de PVC para esgoto (Figura 12).

Figura 12 - Detalhe modelagem da rede de esgoto e ventilação



Fonte: Autor

3.3.3. Sistema de drenagem pluvial

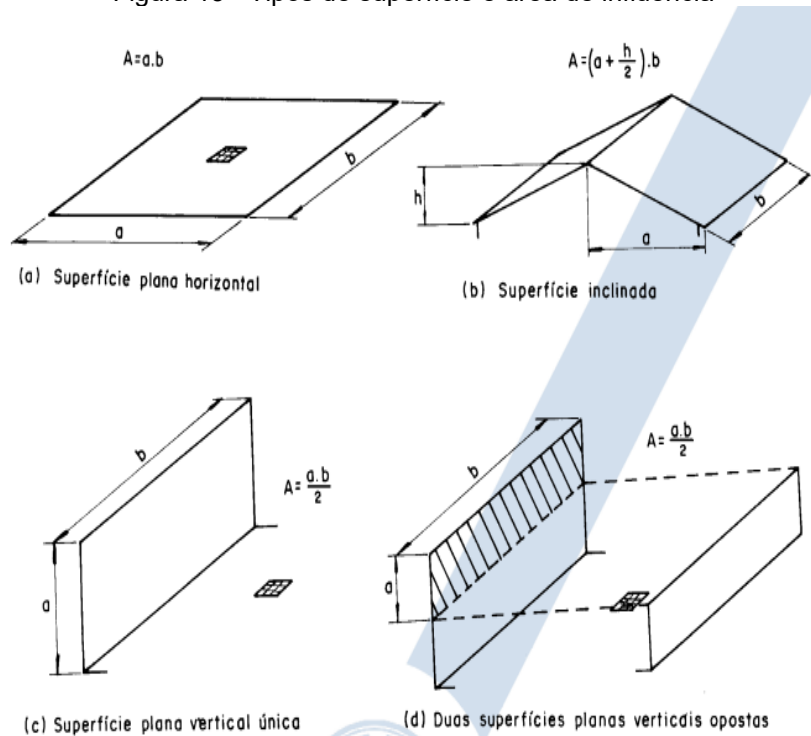
Para o dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais também foi utilizado o *plugin* “TigreBIM®” fornecido pela OFCDesk®, que considera as definições feitas pela ABNT NBR 10844:1989 para o dimensionamento.

Inicialmente deve-se definir o tempo de retorno e a intensidade pluviométrica considerada no projeto. O tempo (ou período) de retorno, segundo a ABNT NBR 10844:1989 é o número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou ultrapassada apenas uma vez. O Item 5.1.2 da referida normativa determina em quantos anos o tempo de retorno deve ser fixado de acordo com a característica da área a ser drenada.

Para este estudo de caso, foi definido tempo de retorno T de 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado. Já a intensidade pluviométrica I , que é o quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo (em mm/h), varia de acordo com a localidade e com o tempo de retorno adotado, além de intervalo definido de duração da precipitação, que foi considerado de 5 minutos conforme Item 5.1.3. Petrucci (2018) determina que nas condições descritas anteriormente de tempo de retorno e duração de precipitação a intensidade pluviométrica I em Uberlândia é de 195,6 mm/h.

Definidos os parâmetros citados, o *plugin* solicita as dimensões para o cálculo das chamadas áreas de contribuição A , que são a soma das áreas de superfície que interceptam água de chuva e as conduzem para determinado ponto de instalação. Destaca-se que esses valores devem ser definidos manualmente de acordo com a área a ser drenada de telhados e pisos, além de considerar áreas de superfícies como platibandas, paredes e muros que podem interceptar chuva nos piores casos de ventos, conforme Item 5.1.5 da normativa. Além disso, deve-se explicitar qual tipo de superfície será analisada: plana horizontal, plana vertical, inclinada, dentre outros casos. Os mais comuns, e aplicados nesse dimensionamento, são as superfícies planas horizontais, inclinadas, planas verticais únicas e planas verticais opostas, calculadas conforme Figura 13.

Figura 13 - Tipos de superfície e área de influência



Fonte: ABNT NBR 10844:1989

A partir desses dados o *plugin* determina a vazão de projeto referente a área de influência, através da Equação 7:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (7)$$

Onde:

- **Q** = Vazão de projeto, em L/min;
- **I** = intensidade pluviométrica, em mm/h;
- **A** = área de contribuição, em m

Por uma deficiência do *plugin*, diferentes tipos de superfície não podem ser combinados para achar a mesma vazão de projeto, mesmo que essas áreas estejam correlacionadas e escoando a chuva para o mesmo subsistema, como por exemplo as seções de telhado e as platibandas ao redor, ou um piso de corredor com o muro

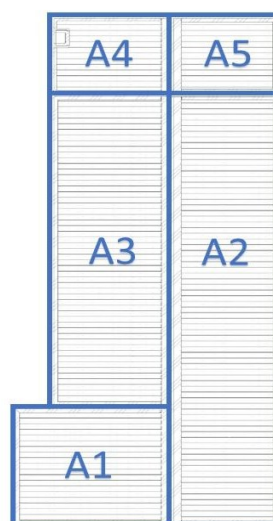
adjacente. Com isso, a solução encontrada foi manter uma nomenclatura de áreas correlacionadas e comparar as vazões de projetos calculadas separadas em conjunto.

Na sequência, são solicitados mais dados para comparar a vazão de projeto com as vazões limites das calhas, dos condutores verticais e condutores horizontais, realizando assim o dimensionamento caso a vazão de projeto seja inferior à vazão limite de cada subsistema. Caso não atenda, é possível voltar algumas etapas e alterar os dados inseridos, como dimensões das calhas e declividades dos condutores horizontais.

O dimensionamento do sistema pluvial foi realizado em duas etapas. Primeiro analisou-se a área da cobertura para validar as calhas definidas no projeto arquitetônico e calcular o diâmetro dos condutores verticais que irão captar a água das calhas até as caixas de areia. A segunda parte compreende a drenagem dos pisos em área aberta nas laterais até as caixas de areia, que também recebem contribuição dos condutores verticais, e o direcionamento da água até a sarjeta.

A cobertura foi dividida em 5 partes, cada uma representando uma água a ser drenada bem como as superfícies verticais ao redor delas que interceptam chuva. A Figura 14 mostra a divisão realizada da cobertura para a análise, e a Figura 15 mostra o resultado calculado pelo *plugin* sendo que T equivale a área de telhado e P área de parede.

Figura 14 - Esquema de divisão da área da cobertura



Fonte: Autor

Figura 15 - Resultado do dimensionamento para a cobertura

R Água Pluvial

Tempo de Retorno: 1 ano 25 anos 5 anos

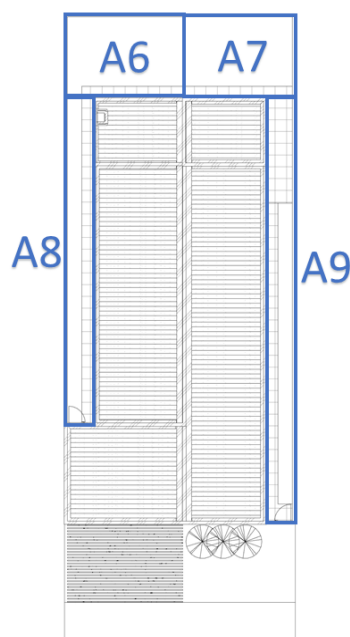
Intensidade Pluviométrica: Cidade: Nenhuma, Intensidade: 196

Nome	Área (m2)	Coef. de Deflúvio	Vazão (l/min)	Vazão da Calha (l/min)	Condutor Horizontal	Condutor Vertical
T1	43.80	0.75	128.76	2635.03	100 (mm)	75.00
P1	2.45	0.75	7.20	2635.03	100 (mm)	75.00
T2	70.99	0.75	208.72	2635.03	100 (mm)	75.00
P2-A	1.43	0.75	4.21	2635.03	100 (mm)	75.00
P2-B	10.41	0.75	30.62	2635.03	100 (mm)	75.00
T3	57.97	0.75	170.42	2635.03	100 (mm)	75.00
P3	4.00	0.75	11.75	2635.03	100 (mm)	75.00
T4	13.97	0.75	41.07	2635.03	100 (mm)	75.00
P4	6.19	0.75	18.20	2635.03	100 (mm)	75.00
T5	12.46	0.75	36.63	2635.03	100 (mm)	75.00
P5	0.71	0.75	2.08	2635.03	100 (mm)	75.00

Fonte: Autor

Já a drenagem do piso conta com a divisão das áreas do térreo submetidas à ação da chuva, as paredes que interceptam e também as colunas pluviais determinadas anteriormente. A Figura 16 demonstra a divisão considerada enquanto a Figura 17 o resultado fornecido pelo *plugin*.

Figura 16 - Divisão do pavimento térreo para análise pluvial



Fonte: Autor

Figura 17 - Resultado do dimensionamento para o pavimento térreo

Água Pluvial

Tempo de Retorno: 1 ano 25 anos 5 anos

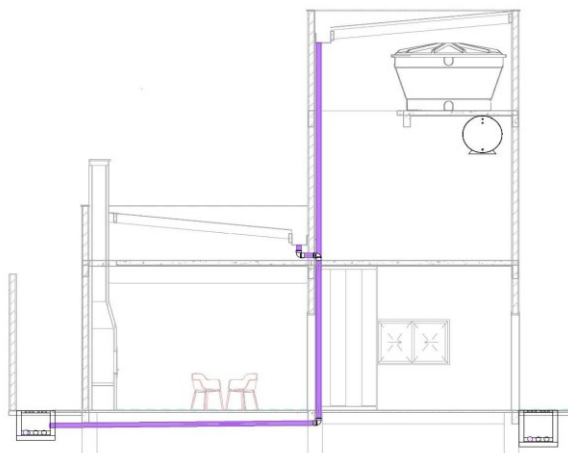
Intensidade Pluviométrica: Cidade: Nenhuma Intensidade: 196

Nome	Área (m ²)	Coef. de Deflúvio	Vazão (l/min)	Vazão da Calha (l/min)	Condutor Horizontal	Condutor Vertical
C6	22.26	0.13	11.34	2635.03	100 (mm)	0.00
P6	10.17	0.80	31.88	2635.03	100 (mm)	0.00
C7	22.26	0.13	11.34	2635.03	100 (mm)	0.00
P7	10.17	0.80	31.88	2635.03	100 (mm)	0.00
C8	22.51	0.70	61.76	2635.03	100 (mm)	0.00
P8-B	16.95	0.80	53.16	2635.03	100 (mm)	0.00
P8-A	2.51	0.80	7.87	2635.03	100 (mm)	0.00
C9	29.31	0.70	80.42	2635.03	100 (mm)	0.00
P9-A	10.06	0.80	31.54	2635.03	100 (mm)	0.00
P9-B	13.96	0.80	43.78	2635.03	100 (mm)	0.00

Fonte: Autor

Com os resultados obtidos pelo plugin, foram determinadas as caixas de areia ou passagem que recebem as águas dos pisos e das colunas pluviais, totalizando 4 caixas dispostas nos corredores laterais. Também foram dimensionados os condutores horizontais que ligam as caixas de areia e que transportam a água para a sarjeta. Logo após foi realizada a modelagem do sistema de drenagem pluvial, utilizando também tubulação de PVC para esgoto e seguindo os parâmetros definidos no dimensionamento com o auxílio do plugin (Figura 18).

Figura 18 - Corte do modelo do sistema pluvial



Fonte: Autor

No Apêndice C está apresentado o resultado dos cálculos das áreas consideradas pelo *plugin*.

4. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

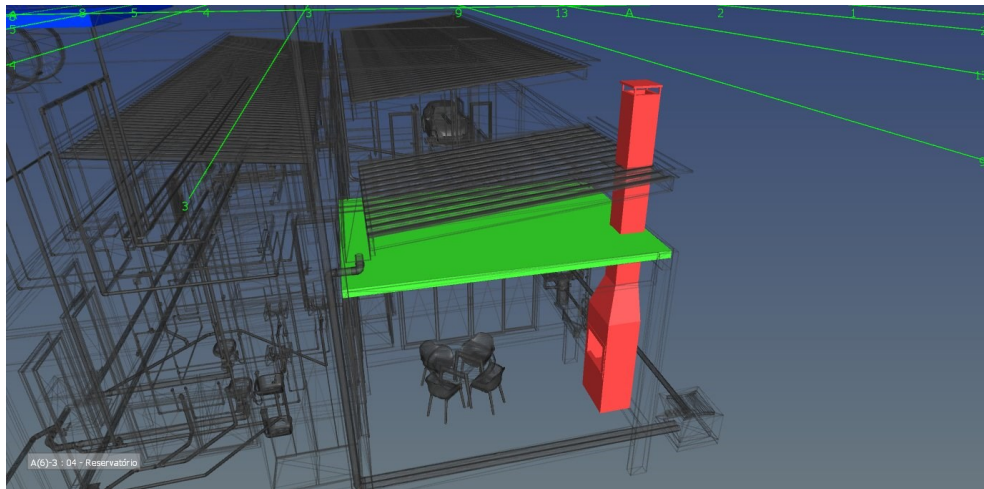
Com os modelos finalizados foi realizada a compatibilização destes por meio do *software* Autodesk Navisworks®. Com o foco na compatibilização e unificação de projetos, o Navisworks® também é capaz de realizar análises relacionadas ao BIM 4D e 5D.

Foram abertos os três modelos concluídos na plataforma, e por meio da função “*Clash Detective*” verificou-se a presença ou não de interposição de peças e sistemas na mesma posição, causando incompatibilidade. Como o *software* analisa um projeto perante outro e são três projetos para análise, a compatibilização foi realizada analisando projeto arquitetônico e estrutural, arquitetônico e hidrossanitário, e por fim estrutural com hidrossanitário.

É importante definir que tudo o que o software encontra sobreposto é tratado como incompatibilidade e cabe ao analista ou corrigir a incompatibilidade ou definir como verificada, uma vez que certas sobreposições são definições a serem feitas posteriormente entre os envolvidos em cada projeto. Por exemplo, o software determina que as tubulações que trespassam as vigas baldrame formam uma incompatibilidade, entretanto após a finalização do projeto hidrossanitário os locais onde haverá percurso de tubulação são marcados no projeto estrutural para redimensionamento e previsão dessas passagens. Trata-se então de interferências que não são de fato incompatibilidades, pois que não condizem com a elaboração do projeto ou com a execução desse.

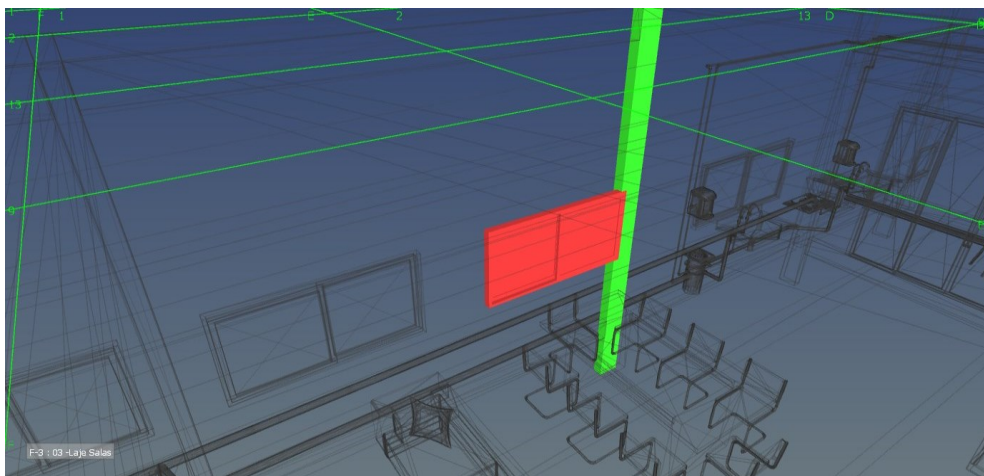
A primeira análise realizada foi do projeto arquitetônico com o estrutural. As paredes do projeto arquitetônico foram desabilitadas para a compatibilização pois o programa acusa como incompatibilidade a intersecção das paredes com os pilares e as vigas. Foram encontrados 41 tipos de incompatibilidades dentre elas falta de previsão de abertura na laje para passagem da chaminé da churrasqueira (Figura 19), sobreposição de pilares com esquadrias (Figura 20) e pilares e vigas interceptando telhados e rufos (Figura 21).

Figura 19 - Incompatibilidade na churrasqueira



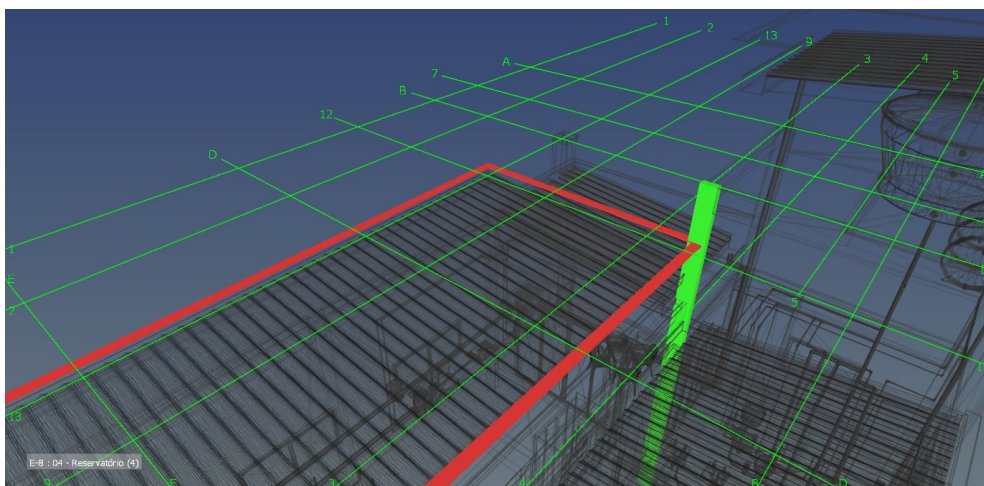
Fonte: Autor

Figura 20 - Incompatibilidade de pilar com esquadria



Fonte: Autor

Figura 21 - Incompatibilidade entre vigas e pilares contra telhado

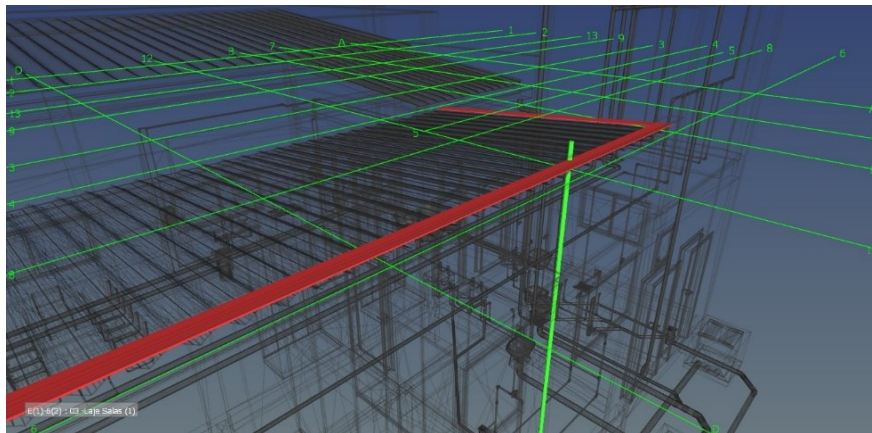


Fonte: Autor

A segunda análise foi do projeto arquitetônico com o hidrossanitário. Inicialmente o programa acusou 535 incompatibilidades na análise. Novamente as paredes do arquitetônico foram desabilitadas pois toda tubulação que passa por dentro de uma parede é definida como incompatível, assim como as tubulações que atravessam pisos, portanto desabilitados também. Percebeu-se que o programa estava considerando duplicados os aparelhos hidrossanitários (os presentes no projeto arquitetônico e os mesmo presentes no projeto hidrossanitário), logo foi necessário desabilitar os aparelhos do projeto arquitetônico.

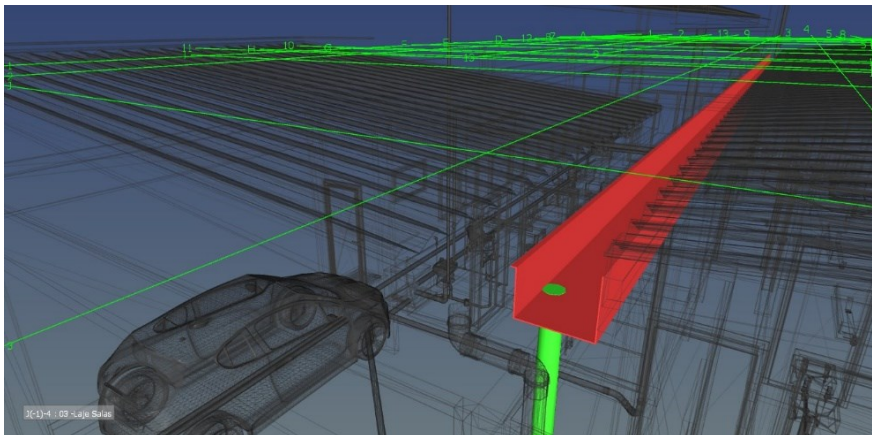
Realizando nova análise foram reduzidas as incompatibilidades de 535 para 35. Dentre elas destaca-se o prolongamento do tubo ventilador interceptado pelo telhado e pelos rufos (Figura 22), interceptação das calhas com as colunas pluviais (Figura 23) e janela interceptando a pia da cozinha (Figura 24).

Figura 22 - Incompatibilidade entre tubo ventilador e telhado



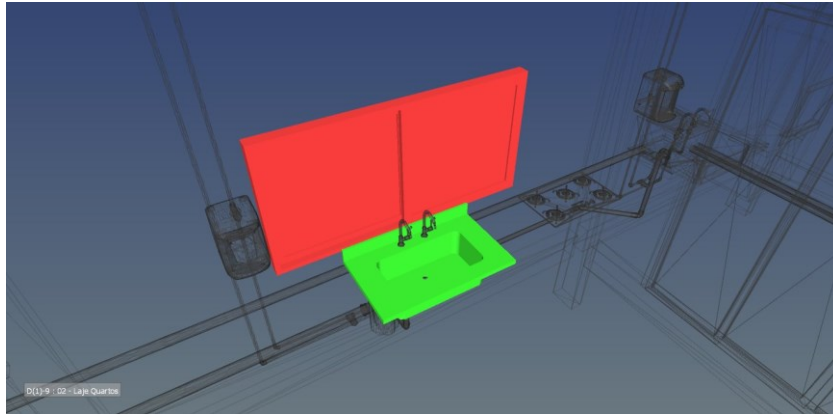
Fonte: Autor

Figura 23 - Incompatibilidade entre calha e tubulação pluvial



Fonte: Autor

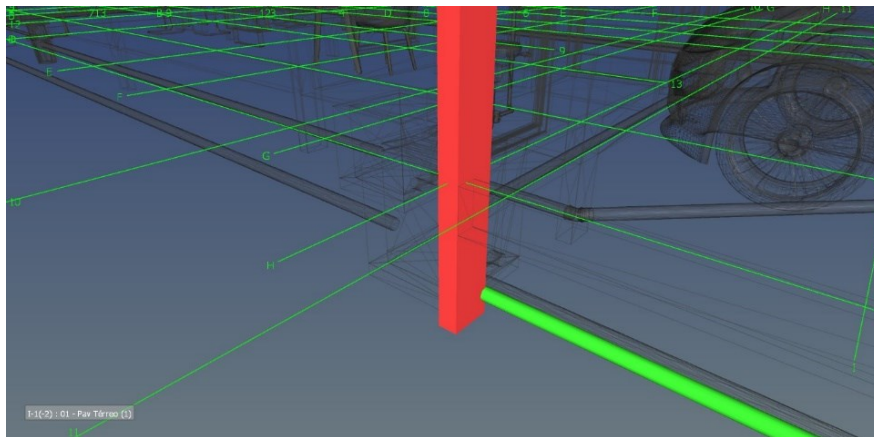
Figura 24 - Incompatibilidade entre janela e pia de cozinha



Fonte: Autor

Por último foi realizado a compatibilização do projeto hidrossanitário com o estrutural. Inicialmente foi apontado 102 incompatibilidades. Dessas, as tubulações que cruzam as lajes são previstas em projeto, bem como as que cruzam as vigas baldrame. Desconsiderando estas situações restaram 34 incompatibilidades, que são trechos onde tubos interceptam vigas e pilares (Figura 25).

Figura 25 - Incompatibilidade entre tubulação e viga



Fonte: Autor

Após a análise das interferências entre os projetos, foi realizada a compatibilização destes na plataforma de origem, na sequência, foi realizada conferência de incompatibilidades. Não foram encontradas novas interferências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final, foi possível desenvolver os três projetos em uma plataforma BIM e compatibilizar estes, corrigindo e solucionando as interferências encontradas no processo.

Percebeu-se que o processo de compatibilização pode se tornar algo bastante complexo em plataformas que não utilizam a metodologia BIM. Uma vez que os três projetos foram desenvolvidos pelo mesmo autor, teoricamente a quantidade de incompatibilidades encontradas deveria ser mínima, o que não necessariamente é verdadeiro. Ao se trabalhar com plataformas BIM, tanto de execução de projetos quanto de compatibilização, efetuar o processo de conferência e adaptação torna-se fluido e facilitado com as plataformas e projetos interagindo entre si.

Quanto a aplicação da metodologia BIM na criação de projetos de construção civil evidenciou-se dois pontos, sendo que em primeira instância, o conhecimento das plataformas e da metodologia BIM devem estar amparados pela experiência do projetista na área cujo projeto é realizado. Unindo o conhecimento prévio obtido no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia com a experiência de estágio em empresas da cidade possibilitou o autor traçar ao decorrer do processo diversas soluções projetuais, as quais se tornaram adequadas e visaram a integração entre projetos. Quanto maior for o conhecimento do usuário referente a metodologia BIM e ao projeto em si, melhor será o resultado de modelagem e informação da construção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Max Lira; RUSCHEL, Regina Coeli. **BIM**: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências. In: São Carlos, SP, Brasil: [s.n., s.d.], p. 602–613. Disponível em: <<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/ocs/index.php/SBQP2009/SBQP2009/paper/view/166>>. Acesso em: 3 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-1**: Projeto de estruturas de madeira Parte 1: Critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039**: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

CARVALHO, Nyanne Maia de. **CONFORMIDADE QUANTO AO DESEMPENHO ESTRUTURAL**: avaliação do atendimento de prédios públicos à nbr 15575-2. 2022. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2022. Disponível em:

https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/7972/1/NyanneMC_MONO.pdf. Acesso em: 26 jan. 2023.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICO-SANITÁRIAS**: princípios básicos para elaboração de projetos. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2014.

CORRÊA, R. M.; NAVIERO, R. M. **IMPORTÂNCIA DO ENSINO DA INTEGRAÇÃO DOS PROJETOS DE ARQUITETURA E ESTRUTURA DE EDIFÍCIOS**: fase de lançamento das estruturas. In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais... São Carlos: USP, 2001. 5p.

DAROS, José. **GUIA COMPLETO**: BIM 10D construção industrializada. 2019. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

EASTMAN, Chuck. et al. **MANUAL DE BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021. 585 p

GRANT THORNTON. **MATURIDADE BIM NO BRASIL**. 2020. Disponível em: <https://www.grantthornton.com.br/sala-de-imprensa/maturidade-bim-no-brasil/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GONZAGA, Amanda. **PROJETO HIDROSSANITÁRIO**: o que é e por que é tão importante. 2021. Disponível em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/projeto-hidrossanitario/>. Acesso em: 24 jan. 2023.

JÚNIOR, Poli. **PROJETO ELÉTRICO**: tudo o que você precisa saber sobre ele. 2021. Disponível em: <https://polijunior.com.br/blog/projeto-eletrico-empresa-importancia/>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS**: prediais e industriais. 4a. ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen - LTC, 2010.

MINISTÉRIO DE TRABALHO. **NR 10: SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**. Brasília, 2019.

PETRUCCI, Eduardo. **CARACTERÍSTICAS DO CLIMA DE UBERLÂNDIA-MG**: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa. 2018. 245 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Ufu, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20810>. Acesso em: 15 dez. 2022.

PINHEIRO, Libânio M. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO E PROJETO DE EDIFÍCIOS**. 2007. Disponível em: <https://silو.tips/download/fundamentos-do-concreto-e-projeto-de-edificios-2>. Acesso em: 01 dez. 2022.

RAUBER, Felipe Claus. **CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, UFSM, Santa Maria, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7931/Felipe%20Claus%20Rauber.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SACKS, Rafael *et al.* **BIM HANDBOOK: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2018. 688 p.

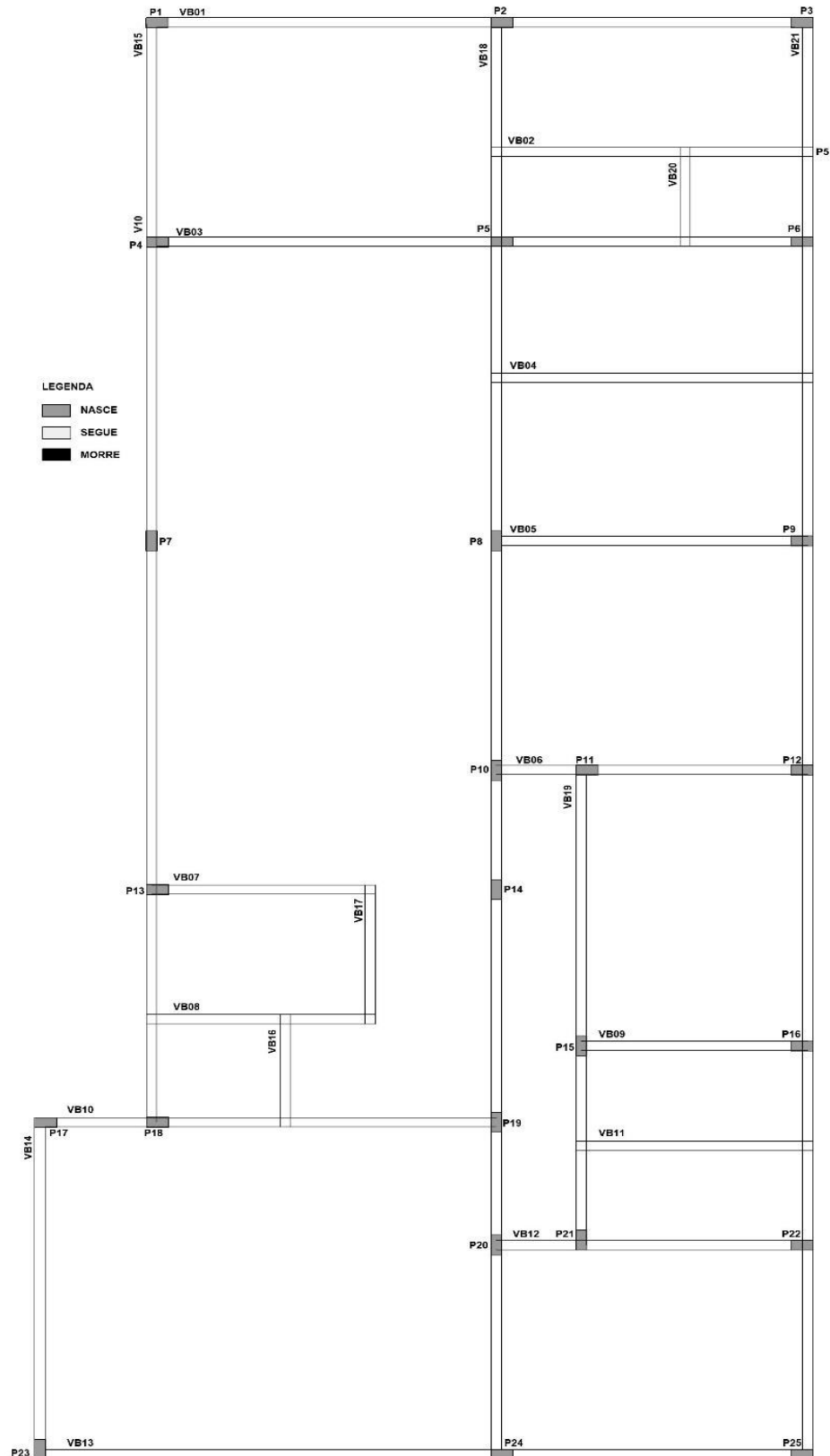
SANTANA, Leonardo. **ESTRATÉGIA BIM BR: prepare-se para atender o grande mercado governamental**. [S. l.], 13 ago. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/bim-br/>. Acesso em: 24 jan. 2023.

SOBRINHO, Carlos Lamour Bezerra; PIRES, Clauber Bezerra. **ANÁLISE COMPARATIVA DO PANORAMA ATUAL DE ADOÇÃO BIM NO BRASIL E NO REINO UNIDO**. 2022. 127 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UFPE, Recife, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/48168/1/TCC%20Carlos%20Lamour%20Bezerra%20Sobrinho%20e%20Clauber%20Bezerra%20Pires.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2023.

VERA, Aksou Victor Kestring *et al.* **ANÁLISE DO PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PILARES EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO (RELAÇÃO GEOMÉTRICA EM PLANTA 1:4)**. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 229-243, abr. 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/12863/209209210872>. Acesso em: 03 dez. 2022.

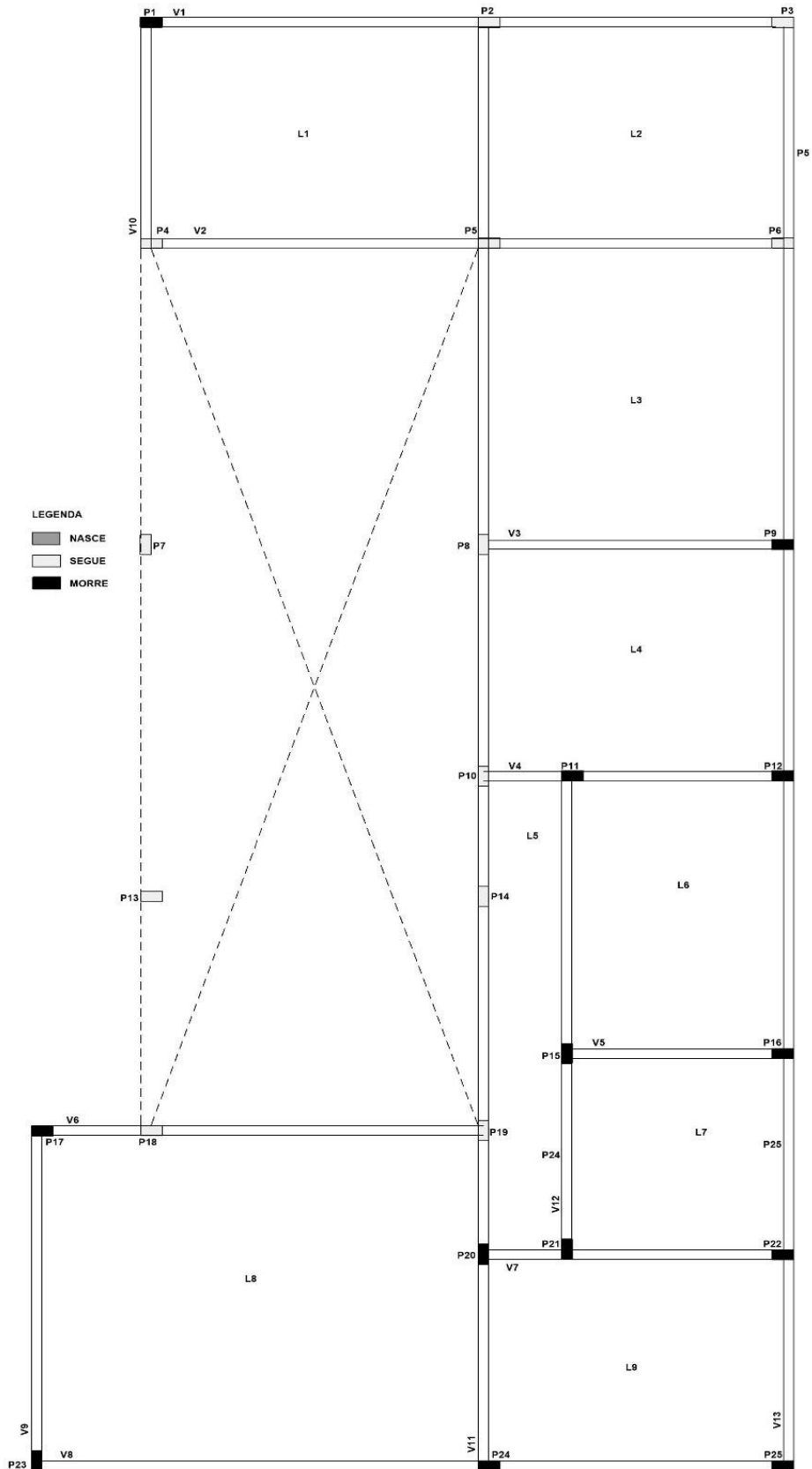
APÊNDICE A – PLANTAS DE FÔRMAS

Figura 26 - Planta de forma inicial do pavimento térreo



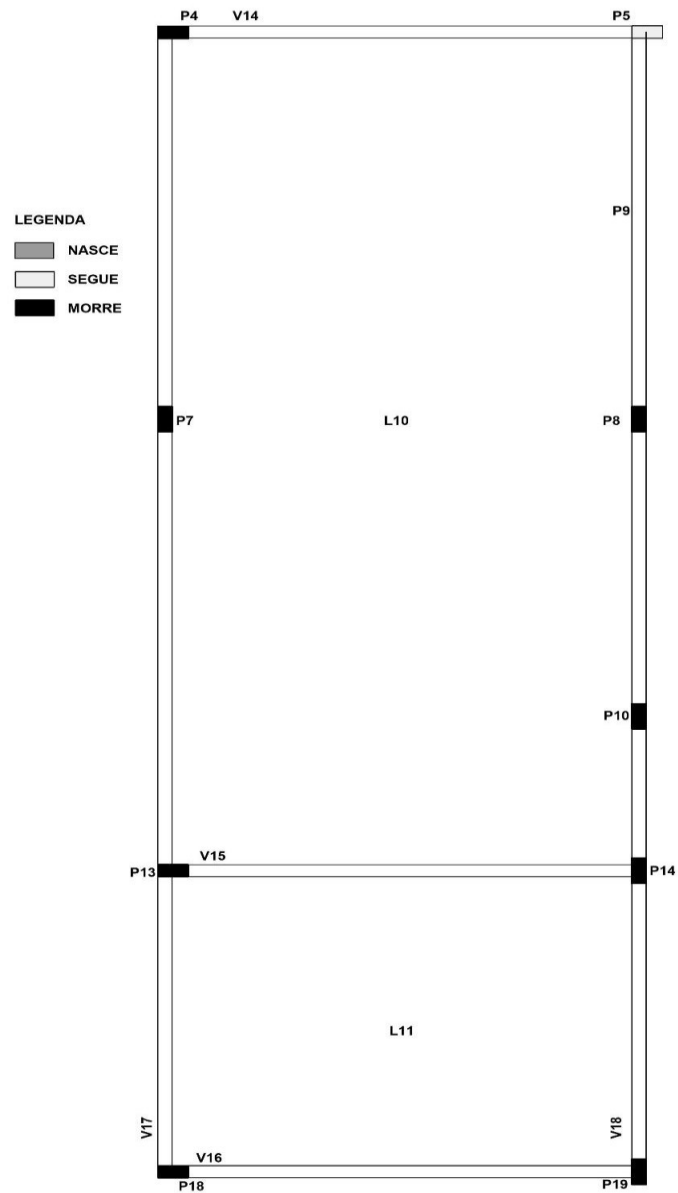
Fonte: Autor

Figura 27 - Planta de forma inicial das lajes dos quartos



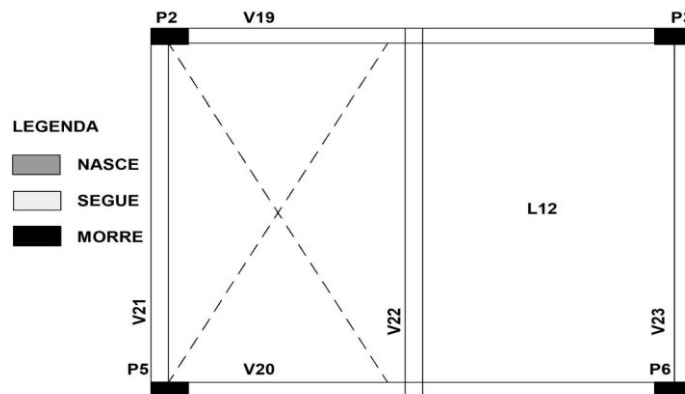
Fonte: Autor.

Figura 28 – Planta de forma inicial da laje da sala



Fonte: Autor.

Figura 29 - Planta de forma do reservatório



Fonte: Autor.

APÊNDICE B – DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE

Tabela 12 - Dimensionamento de água fria

Trecho	Soma do Peso	Vazão Estimada (l/s)	Diam. Nominal (mm)	Diam. Interno (mm)	V (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comp. da Tubulação real (m)	Comp. da Tubulação Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulação (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressão Disp. Residual (kPa)	Pressão requerida (kPa)
1 -- 2	168	3,89	50	44,00	2,56	1,46	2,08	20,770	2,050	4,350	6,350	6,350	14,420	5
2 -- 3	135,6	3,49	50	44,00	2,30	1,21	0,00	14,420	0,280	2,580	3,130	3,130	11,290	5
3 -- 4	71,6	2,54	50	44,00	1,67	0,69	0,00	11,290	0,340	1,240	0,860	0,860	10,440	5
4 -- 5	70	2,51	50	44,00	1,65	0,68	0,00	10,440	0,310	2,610	1,780	1,780	8,660	5
5 -- 6	6	0,73	50	44,00	0,48	0,08	0,00	8,660	0,440	1,340	0,110	0,110	8,550	5
6 -- 7	1,4	0,35	25	21,60	0,97	0,65	1,27	21,290	11,030	21,830	14,200	14,200	7,090	5
7 -- 8	0,7	0,25	20	17,00	1,11	1,11	1,95	26,590	2,040	6,740	7,450	7,450	19,140	5
8 -- 9	0,7	0,25	20	17,00	1,11	1,11	0,54	24,530	2,320	7,420	8,210	8,210	16,320	10
7 -- 10	0,7	0,25	20	17,00	1,11	1,11	1,95	26,590	5,750	10,150	11,230	11,230	15,360	5
10 -- 11	0,7	0,25	20	17,00	1,11	1,11	0,52	20,610	2,860	7,960	8,800	8,800	11,800	10
10 -- 12	4,6	0,64	25	21,60	1,76	1,84	1,27	28,090	2,170	3,670	6,760	6,760	21,340	5
12 -- 13	3,1	0,53	25	21,60	1,44	1,30	0,00	21,340	0,100	1,000	1,300	1,300	20,030	5
13 -- 14	2,7	0,49	25	21,60	1,35	1,16	3,20	52,030	4,960	10,360	11,970	11,970	40,060	5
14 -- 15	0,7	0,25	20	17,00	1,11	1,11	-1,04	29,710	1,030	3,130	3,470	3,470	26,240	10
14 -- 16	2	0,42	25	21,60	1,16	0,89	0,00	40,060	0,580	1,880	1,670	1,670	38,400	5
16 -- 17	1	0,3	20	17,00	1,32	1,51	-0,65	31,900	1,060	5,460	8,250	8,250	23,650	10
17 -- 18	1	0,3	20	17,00	1,32	1,51	-0,65	17,150	0,760	3,160	4,770	4,770	12,380	10
18 -- 19	0,4	0,19	25	21,60	0,52	0,22	3,00	42,380	4,020	6,720	1,460	1,460	40,920	5
19 -- 20	0,1	0,09	20	17,00	0,42	0,20	0,00	40,920	0,020	2,420	0,490	0,490	40,430	10
19 -- 21	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,68	34,130	1,240	7,440	3,920	3,920	30,210	10
12 -- 22	1,5	0,37	25	21,60	1,00	0,69	3,00	51,340	5,510	10,910	7,530	7,530	43,800	5

Trecho	Soma do Peso	Vazão Estimada (l/s)	Diam. Nominal (mm)	Diam. Interno (mm)	V (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comp. da Tubulação real (m)	Comp. da Tubulação Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulação (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressão Disp. Residual (kPa)	Pressão requerida (kPa)
22 -- 23	1,4	0,35	25	21,60	0,97	0,65	0,09	44,670	0,070	0,870	0,570	0,570	44,100	5
23 -- 24	0,8	0,27	25	21,60	0,73	0,40	0,00	44,100	1,520	2,420	0,960	0,960	43,140	5
24 -- 25	0,4	0,19	22	18,00	0,75	0,52	-0,83	34,790	1,000	3,400	1,760	1,760	33,040	5
25 -- 26	0,4	0,19	20	20,00	0,60	0,31	-0,97	23,330	0,990	3,390	1,060	1,060	22,270	10
25 -- 27	0,4	0,19	22	18,00	0,75	0,52	-0,85	24,540	4,120	12,420	6,420	6,420	18,120	5
27 -- 28	0,4	0,19	20	20,00	0,60	0,31	-1,00	8,120	1,030	1,830	0,570	0,570	7,550	10
23 -- 29	0,6	0,23	25	21,60	0,63	0,31	0,00	44,100	0,660	1,560	0,480	0,480	43,620	5
29 -- 30	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,75	36,110	0,960	4,260	2,240	2,240	33,870	10
29 -- 31	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,77	35,970	1,600	6,800	3,580	3,580	32,380	10
22 -- 32	0,1	0,09	20	17,00	0,42	0,20	0,00	43,800	0,040	2,440	0,490	0,490	43,310	10
5 -- 33	64	2,4	50	44,00	1,58	0,63	1,24	21,110	1,530	7,230	4,540	4,540	16,560	5
33 -- 34	32	1,7	40	35,20	1,74	0,99	3,02	46,760	4,700	13,600	13,440	13,440	33,320	10
33 -- 35	32	1,7	40	35,20	1,74	0,99	3,02	46,760	3,310	12,210	12,060	12,060	34,700	10
4 -- 36	1,6	0,38	25	21,60	1,04	0,73	1,24	22,830	16,040	20,340	14,870	14,870	7,960	5
36 -- 37	0,8	0,27	25	21,60	0,73	0,40	3,00	37,960	3,020	5,420	2,160	2,160	35,800	5
37 -- 38	0,7	0,25	25	21,60	0,68	0,35	0,09	36,670	0,070	0,970	0,340	0,340	36,320	5
38 -- 39	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,76	28,670	2,150	7,350	3,870	3,870	24,800	10
38 -- 40	0,4	0,19	22	18,00	0,75	0,52	-0,85	27,820	1,410	5,310	2,750	2,750	25,080	5
40 -- 41	0,4	0,19	20	20,00	0,60	0,31	-0,97	15,370	0,980	4,080	1,280	1,280	14,090	10
40 -- 42	0,1	0,09	20	17,00	0,42	0,20	0,00	25,080	0,070	0,970	0,190	0,190	24,880	10
36 -- 43	0,8	0,27	25	21,60	0,73	0,40	3,00	37,960	3,460	7,360	2,930	2,930	35,030	5
43 -- 44	0,7	0,25	25	21,60	0,68	0,35	0,09	35,890	0,070	0,970	0,340	0,340	35,550	5
44 -- 45	0,4	0,19	22	18,00	0,75	0,52	-0,85	27,050	2,320	6,220	3,210	3,210	23,840	5
45 -- 46	0,4	0,19	20	20,00	0,60	0,31	-0,97	14,130	0,980	4,080	1,280	1,280	12,850	10
45 -- 47	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,76	16,190	1,720	6,520	3,440	3,440	12,750	10
43 -- 48	0,1	0,09	20	17,00	0,42	0,20	0,00	35,030	0,030	2,430	0,490	0,490	34,540	10
3 -- 49	64	2,4	50	44,00	1,58	0,63	1,24	23,740	16,260	28,760	18,060	18,060	5,680	5

Trecho	Soma do Peso	Vazão Estimada (l/s)	Diam. Nominal (mm)	Diam. Interno (mm)	V (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comp. da Tubulação real (m)	Comp. da Tubulação Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulação (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressão Disp. Residual (kPa)	Pressão requerida (kPa)
49 -- 50	32	1,7	40	35,20	1,74	0,99	3,02	35,880	3,230	15,530	15,350	15,350	20,530	10
49 -- 51	32	1,7	40	35,20	1,74	0,99	3,02	35,880	3,070	15,370	15,190	15,190	20,690	10
2 -- 52	32,4	1,71	50	44,00	1,12	0,35	1,24	26,840	23,450	46,150	15,970	15,970	10,860	5
52 -- 53	32	1,7	40	35,20	1,74	0,99	3,02	41,060	3,100	10,600	10,480	10,480	30,580	10
52 -- 54	0,4	0,19	25	21,60	0,52	0,22	3,07	41,520	3,020	3,920	0,850	0,850	40,670	5
54 -- 55	0,1	0,09	20	17,00	0,42	0,20	-0,10	39,670	0,560	4,160	0,840	0,840	38,830	10
54 -- 56	0,3	0,16	20	17,00	0,72	0,53	-0,76	33,020	1,370	6,570	3,460	3,460	29,560	10

Fonte: Autor.

Tabela 13 - Dimensionamento de água quente

Trecho	Soma do Peso	Vazão Estimada (l/s)	Diam. Nominal (mm)	Diam. Interno (mm)	V (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comp. da Tubulação real (m)	Comp. da Tubulação Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulação (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressão Disp. Residual (kPa)	Pressão requerida (kPa)
1 -- 2	6,8	1	28	23,10	1,870	1,8800	1,830	68,330	2,270	4,270	8,050	8	60,280	5
2 -- 3	5,4	1	28	23,10	1,660	1,5400	0,000	60,280	0,220	1,020	1,570	2	58,710	5
3 -- 4	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	3,560	94,260	8,780	18,880	56,350	56	37,910	10
3 -- 5	5,1	1	28	23,10	1,620	1,4700	0,000	58,710	0,700	1,500	2,200	2	56,510	5
5 -- 6	2	0	22	18,00	1,670	2,1100	4,220	98,690	5,080	12,680	26,790	27	71,900	5
6 -- 7	1	0	20	20,00	0,950	0,7000	-0,430	67,560	0,460	3,560	2,490	2	65,070	10
6 -- 8	1	0	20	20,00	0,950	0,7000	-0,450	67,400	1,010	4,010	2,800	3	64,600	10
5 -- 9	3,1	1	28	23,10	1,260	0,9500	0,000	56,510	0,480	1,380	1,310	1	55,200	5
9 -- 10	1,4	0	22	18,00	1,390	1,5500	3,470	89,880	4,870	12,470	19,280	19	70,600	5
10 -- 11	1	0	22	18,00	1,180	1,1500	0,930	79,940	0,800	2,300	2,650	3	77,300	5
11 -- 12	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	-0,960	67,650	3,670	12,570	6,490	6	61,160	5

Trecho	Soma do Peso	Vazão Estimada (l/s)	Diam. Nominal (mm)	Diam. Interno (mm)	V (m/s)	Perda de Carga Unitária (kPa/m)	Diferença de Cota (m)	Pressão Disponível (kPa)	Comp. da Tubulação real (m)	Comp. da Tubulação Equivalente (m)	Perda de Carga da Tubulação (kPa)	Perda de Carga Total (kPa)	Pressão Disp. Residual (kPa)	Pressão requerida (kPa)
12 -- 13	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-1,000	51,160	1,030	1,830	0,570	1	50,580	10
11 -- 14	0,6	0,23	15	11,80	2,120	5,4800	0,000	77,300	1,810	4,710	25,780	25,78	51,520	5
14 -- 15	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	-0,870	42,870	1,740	5,440	16,250	16	26,620	10
14 -- 16	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	-0,850	42,980	0,960	5,060	15,120	15	27,860	10
10 -- 17	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	0,000	70,600	0,190	0,990	0,510	1	70,090	5
17 -- 18	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	60,380	0,990	3,390	1,060	1	59,320	10
17 -- 19	1,7	0	28	23,10	0,930	0,5600	1,220	82,300	15,380	20,180	11,310	11	70,990	5
19 -- 20	0,7	0	22	18,00	0,990	0,8400	2,260	93,630	2,350	5,250	4,420	4	89,210	5
20 -- 21	0,4	0	22	18,00	0,750	0,5200	0,000	89,210	0,190	1,090	0,560	1	88,640	5
21 -- 22	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	78,930	0,980	4,080	1,280	1	77,660	10
21 -- 23	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	0,080	89,490	4,000	9,000	26,880	27	62,620	10
19 -- 24	1	0	22	18,00	1,180	1,1500	0,000	70,990	0,470	3,570	4,110	4	66,880	5
24 -- 25	0,7	0	22	18,00	0,990	0,8400	2,260	89,520	2,440	7,040	5,930	6	83,590	5
25 -- 26	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	0,070	84,290	3,550	9,050	27,030	27	57,250	10
25 -- 27	0,4	0,19	22	18,00	0,750	0,52	0,000	83,590	0,190	1,090	0,560	0,56	83,030	5
27 -- 28	0,4	0	20	20,00	0,600	0,3100	-0,970	73,320	0,980	4,080	1,280	1	72,040	10
27 -- 29	0,3	0	15	11,80	1,500	2,9900	2,350	106,520	11,960	23,760	70,940	71	35,580	10
2 -- 30	1,4	0	22	18,00	1,390	1,5500	1,220	72,450	11,180	20,880	32,290	32	40,170	5
30 -- 31	0,7	0,25	20	20,00	0,800	0,51	2,490	65,060	3,830	11,430	5,840	5,84	59,220	10
30 -- 32	0,7	0	20	20,00	0,800	0,5100	2,490	65,060	9,050	22,550	11,530	12	53,540	10

Fonte: Autor.

APÊNDICE C – DETALHAMENTO DE CÁLCULO DE DRENAGEM PLUVIAL

MEMÓRIA DE CÁLCULO DA CANALETA, CONDUTOR HORIZONTAL E VERTICAL DE ÁGUAS PLUVIAIS

1. TEMPO DE RETORNO

O período de retorno considerado para o índice pluviométrico é de 25 anos.

2. INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

Cidade: Outra

Intensidade pluviométrica: 196 mm/h

3. ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E QUANTIDADE DE PRUMADAS

1º Saída - AP-1:

Superfície inclinada - Área

$$A = (a+(h/2))*b$$

$$A = (5,68+(6,7/2))*4,85$$

$$A = 43,7955 \text{ m}^2$$

2º Saída - AP-2:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a*b)/2$$

$$A = (1,02*4,8)/2$$

$$A = 2,448 \text{ m}^2$$

3º Saída - AP-3:

Superfície inclinada - Área

$$A = (a+(h/2))*b$$

$$A = (3,73+(0,45/2))*17,95$$

$$A = 70,99225 \text{ m}^2$$

4º Saída - AP-4:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a*b)/2$$

$$A = (0,59*4,85)/2$$

$$A = 1,43075 \text{ m}^2$$

5º Saída - AP-5:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a*b)/2$$

$$A = (1,59*13,1)/2$$

$$A = 10,4145 \text{ m}^2$$

6º Saída - AP-6:

Superfície inclinada - Área

$$A = (a+(h/2))*b$$

$$A = (4,18+(0,49/2))*13,1$$

$$A = 57,9675 \text{ m}^2$$

7º Saída - AP-7:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a*b)/2$$

$$A = (0,61*13,1)/2$$

$$A = 3,9955 \text{ m}^2$$

8º Saída - AP-8:

Superfície inclinada - Área

$$A = (a+(h/2))*b$$

$$A = (4,18+(0,51/2))*3,15$$

$$A = 13,97025 \text{ m}^2$$

9º Saída - AP-9:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a*b)/2$$

$$A = (3,93 \cdot 3,15) / 2$$

$$A = 6,18975 \text{ m}^2$$

10º Saída - AP-10:

Superfície inclinada - Área

$$A = (a + (h/2)) \cdot b$$

$$A = (3,73 + (0,45/2)) \cdot 3,15$$

$$A = 12,45825 \text{ m}^2$$

11º Saída - AP-11:

Superfície plana vertical única - Área

$$A = (a \cdot b) / 2$$

$$A = (0,45 \cdot 3,15) / 2$$

$$A = 0,70875 \text{ m}^2$$

4. COEFICIENTE DE DEFLÚVIO

O coeficiente de deflúvio corresponde ao grau de impermeabilização da superfície que neste projeto foram adotados:

1º Saída - AP-1: C= 0,75

2º Saída - AP-2: C= 0,75

3º Saída - AP-3: C= 0,75

4º Saída - AP-4: C= 0,75

5º Saída - AP-5: C= 0,75

6º Saída - AP-6: C= 0,75

7º Saída - AP-7: C= 0,75

8º Saída - AP-8: C= 0,75

9º Saída - AP-9: C= 0,75

10º Saída - AP-10: C= 0,75

11º Saída - AP-11: C= 0,75

5. COEFICIENTE MULTIPLICATIVO DA VAZÃO DE PROJETO

1º Saída - AP-1:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

2º Saída - AP-2:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

3º Saída - AP-3:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

4º Saída - AP-4:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

5º Saída - AP-5:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

6º Saída - AP-6:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

7º Saída - AP-7:

- **A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;**
- **Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;**
- **Cm= 1,2**

8º Saída - AP-8:

- A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;
- Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;
- $C_m = 1,2$

9º Saída - AP-9:

- A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;
- Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;
- $C_m = 1,2$

10º Saída - AP-10:

- A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;
- Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;
- $C_m = 1,2$

11º Saída - AP-11:

- A saída da calha está menos de 2 metros de uma mudança de direção;
- Curva de mudança de direção com o formato de canto reto;
- $C_m = 1,2$

6. VAZÃO PARA CADA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

Sendo:

Q= vazão de dimensionamento, em l/min;

C= coeficiente de deflúvio;

I=intensidade pluviométrica, em mm/h;

A_c= área de contribuição, em m²;

C_m= coeficiente multiplicativo;

1º Saída - AP-1:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 43,7955 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 128,75877$$

2º Saída - AP-2:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 2,448 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 7,19712$$

3º Saída - AP-3:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 70,99225 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 208,717215$$

4º Saída - AP-4:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 1,43075 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 4,206405$$

5º Saída - AP-5:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 10,4145 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 30,61863$$

6º Saída - AP-6:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 57,9675 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 170,42445$$

7º Saída - AP-7:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 3,9955 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 11,74677$$

8º Saída - AP-8:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 13,97025 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 41,072535$$

9º Saída - AP-9:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 6,18975 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 18,197865$$

10º Saída - AP-10:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 12,45825 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 36,627255$$

11º Saída - AP-11:

$$Q = (C \cdot I \cdot A_c \cdot C_m) / 60$$

$$Q = (0,75 \cdot 196 \cdot 0,70875 \cdot 1,2) / 60$$

$$Q = 2,083725$$

7. DEFINIÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA CANALETA EM: PVC, FIBROCIMENTO AÇO OU METAIS NÃO FERROSOS

1º Saída - AP-1:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

2º Saída - AP-2:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

3º Saída - AP-3:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

4º Saída - AP-4:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

5º Saída - AP-5:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

6º Saída - AP-6:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

7º Saída - AP-7:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

8º Saída - AP-8:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

9º Saída - AP-9:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

10º Saída - AP-10:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

11º Saída - AP-11:

A calha terá a seção Retangular com as seguintes dimensões: altura = 0,2m, largura = 0,3m e inclinação de 0.5%.

8. DIÂMETRO E INCLINAÇÃO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

1º Saída - AP-1:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

2º Saída - AP-2:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

3º Saída - AP-3:

O condutor horizontal terá a inclinação de 1.0% e diâmetro de 100 (mm).

4º Saída - AP-4:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

5º Saída - AP-5:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

6º Saída - AP-6:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

7º Saída - AP-7:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

8º Saída - AP-8:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

9º Saída - AP-9:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

10º Saída - AP-10:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

11º Saída - AP-11:

O condutor horizontal terá a inclinação de 0.5% e diâmetro de 100 (mm).

9. DIÂMETRO DOS CONDUTORES VERTICAIS

1º Saída - AP-1:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

2º Saída - AP-2:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

3º Saída - AP-3:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

4º Saída - AP-4:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

5º Saída - AP-5:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

6º Saída - AP-6:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

7º Saída - AP-7:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

8º Saída - AP-8:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

9º Saída - AP-9:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

10º Saída - AP-10:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.

11º Saída - AP-11:

Será adotado o diâmetro de 75mm para o condutor vertical.