

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVÍL – FECIV**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVÍL**

**LEOPOLDO SERRALHA PIMENTEL**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PARA USO DE**  
**ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO DE ALTO PADRÃO**

**UBERLÂNDIA**

**2021**

**LEOPOLDO SERRALHA PIMENTEL**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PARA USO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA EDIFICAÇÃO DE ALTO PADRÃO**

Trabalho de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Uberlândia.

**Orientador: Prof.º Dr. André Luiz de  
Oliveira**

**UBERLÂNDIA**

**2021**

**LEOPOLDO SERRALHA PIMENTEL**

**Dimensionamento de um sistema hidráulico predial para uso de águas pluviais em uma edificação de alto padrão**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Banca de Avaliação:**

---

Prof. Dr. André Luiz de Oliveira  
Orientador

---

Prof. Dr.  
Membro

---

Prof. Dr.  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Claudio e Andrea, por me proporcionarem todo o suporte durante o curso, sem eles não teria conseguido chegar até aqui. Agradeço também à toda a minha família, onde cada um teve um papel importante na minha trajetória.

Gratifico todos os meus professores, que contribuíram para a minha construção e que me deram muitos ensinamentos que vou levar para a vida. Em especial, à professora Maria Cristina Vidigal de Lima, que me serviu de inspiração. E também ao meu professor orientador André Luiz de Oliveira, que se mostrou disposto a seguir adiante com o tema e me ajudar onde fosse necessário.

Agradeço por fim, aos meus amigos, por todo o apoio e companheirismo durante o curso, que de certa forma caminharam comigo e deixaram o caminho mais leve.

## RESUMO

Historicamente o desenvolvimento humano esteve atrelado ao melhor aproveitamento dos recursos hídricos que o cercaram. Atualmente, a utilização da água da chuva em edificações configura uma sociedade ambientalmente consciente e boa administradora de seus reservatórios de captação, visto que a redução da demanda de água potável advinda das companhias de saneamento minimiza os riscos de escassez e de possíveis racionamentos, como vivenciados nos últimos anos. Nesse contexto, este trabalho veicula as informações necessárias ao dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência de alto padrão, ressaltando os elementos do sistema, os métodos de dimensionamento dos reservatórios e o sistema de abastecimentos dos pontos de água potável e não potável. O texto foi escrito em consonância com as normas reguladoras das instalações prediais de águas pluviais, de acordo com o regulamentado, dessa forma, foram utilizadas, principalmente, as normas brasileiras ABNT NBR 10844:1989 e a ABNT NBR 15527:2007. Ao final, foi estipulada a redução anual na demanda de água potável em uma residência, resultando em uma diminuição de cerca de 30%.

Palavras chave: Água de chuva. Sistema predial de água fria. Reservatório de água de chuva.

## **ABSTRACT**

*Historically, human development has been tied to the best use of the water resources that surround it. Currently, the use of rainwater in buildings configures an environmentally conscious society and a good manager of their catchment reservoirs, since the reduction in demand for drinking water from sanitation companies minimizes the risks of shortages and possible rationing, as experienced in recent years. In this context, this paper provides the necessary information for the sizing of a rainwater harvesting system in a high-standard residence, emphasizing the elements of the system, the methods for sizing the reservoirs and the supply system for drinking and non-potable water points. The text was written in accordance with the regulatory standards for rainwater installations in buildings, mainly using the Brazilian standards ABNT NBR 10844:1989 and ABNT NBR 15527:2007. In the end, the annual reduction in the demand for drinking water in a residence was stipulated, resulting in a decrease of about 30%.*

*Key words: Rainwater. cold water system. rainwater reservoir.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diferentes técnicas de engenharia desenvolvidas pelos egípcios .....	1
Figura 2 Evolução do armazenamento do reservatório da bacia do rio Paraíba do Sul (% volume útil, 1999 – 2015) .....	2
Figura 3 Evolução do índice de perda na distribuição de água .....	3
Figura 4 Representação esquemática do ciclo hidrológico .....	4
Figura 5 (a) Pluviômetro modelo Ville de Paris, modelo considerado padrão pela Organização Meteorológica Mundial; (b) Padrão de instalação. O pluviômetro deve ser fixado perfeitamente na vertical (c) Proveta graduada diretamente em índice pluviométrico em milímetro .....	6
Figura 6 Planta de Cobertura.....	11
Figura 7 Filtro Vortex. ....	12
Figura 8 Sistema de uso de água pluvial em uma residência .....	13
Figura 9 Bomba centrífuga CAM W-4C.....	26
Figura 10 Curvas da bomba centrífuga CAM W-4C.....	27
Figura 11 Reservatório Inferior.....	29
Figura 12 (A) e (B) Reservatórios de água potável; (C) Reservatório de água de reúso. ....	30
Figura 13 Esquema de separação atmosférica padronizada .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas dos pavimentos da residência .....	7
Tabela 2 - Altura da edificação .....	7
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis. ....	8
Tabela 4 - Precipitação mensal, em milímetros, para o município de Uberlândia, no intervalo de 2009 à 2020 – Precipitação média anual em milímetros.....	9
Tabela 5 - Demanda de água não potável nos pontos abastecidos .....	14
Tabela 6 - Áreas da edificação. ....	15
Tabela 7 - Valores utilizados para aplicação da fórmula do Método de Azevedo Neto .....	18
Tabela 8 - Volumes, em litros, dos reservatórios de águas pluviais obtidos pelo Método de Azevedo Neto, e Método Prático Inglês.....	19
Tabela 9 - Coeficientes de rugosidade .....	20
Tabela 10 - Dados para cálculo do dimensionamento de calhas .....	21
Tabela 11 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.) .....	22
Tabela 12 - Dados para a escolha do condutor vertical.....	22
Tabela 13 Dados para cálculo do diâmetro de recalque .....	23
Tabela 14 Dados para cálculo do diâmetro de recalque .....	24
Tabela 15 Comprimentos equivalentes (recalque) .....	24
Tabela 16 Comprimentos equivalentes .....	25
Tabela 17 Médias pluviométricas mensais entre 2009 e 2020 .....	31
Tabela 18 Preço pelo consumo mensal de água .....	31



## SUMÁRIO

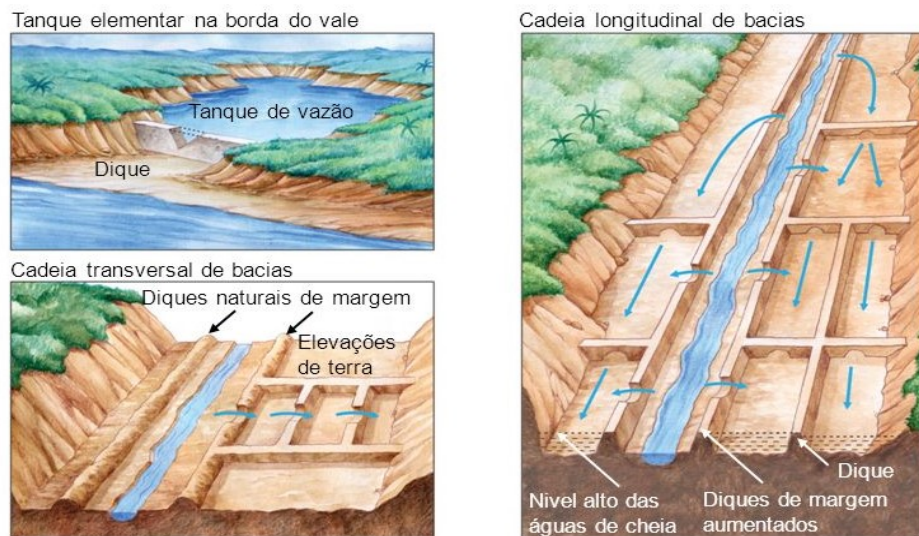
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Histórico .....	1
1.2 Objetivos.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Ciclo Hidrológico .....	4
2.2 Precipitação atmosférica.....	5
2.3 Medição da Precipitação.....	5
2.4 Aproveitamento de água da chuva no Brasil .....	6
3 O PROJETO .....	7
3.1 Aproveitamento da água da chuva .....	7
3.1.2 Qualidade da água pluvial .....	8
3.1.3 Precipitação Média Local .....	9
3.1.4 Área de coleta .....	10
3.1.5 Coeficiente de escoamento superficial .....	10
3.1.6 Filtro Vortex .....	11
4 DIMENSIONAMENTO .....	12
4.1 Considerações gerais .....	12
4.2 Consumo de água .....	13
4.2.1 Consumo de água potável.....	14
4.2.2 Consumo de água não potável.....	14
4.3 Reservatórios .....	16
4.3.1 Reservatório superior de água de reuso .....	16
4.3.2 Reservatórios superiores de água potável.....	17
4.3.3 Reservatório inferior.....	17
4.3.4 Método de Azevedo Neto .....	18
4.3.5 Método Prático Inglês.....	18
4.3.6 Valor médio entre os métodos .....	19
4.4 Águas Pluviais .....	19
4.4.1 Calhas .....	20
4.4.2 Condutores Horizontais e Verticais.....	21
4.4.3 Sistema elevatório .....	22
5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PLUVIAL .....	29
6 CONCLUSÃO .....	31
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
8 REFERÊNCIAS .....	35
APÊNDICE A – Projeto arquitetônico .....	38
APÊNDICE B – Plantas com implantação do sistema.....	44
APÊNDICE C – Isométricos do projeto .....	50

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Histórico

A importância da água para as atividades humanas mostra-se notória desde as antigas civilizações orientais, em suas maiores margens por rios e dotadas de práticas de utilização dos recursos hídricos nas atividades agrícolas e de uso residencial, tendo conquistado destaque aquelas que desenvolveram sistemas de aproveitamento eficiente, como a sociedade egípcia. Esse grupo, utilizando-se das obras de engenharia, alcançou um significativo sucesso na prática da agricultura em meio a extensão do deserto do Saara, no nordeste da África, obtendo solos férteis e úmidos no clima árido por meio da construção de diques e canais.

**Figura 1** Diferentes técnicas de engenharia desenvolvidas pelos egípcios

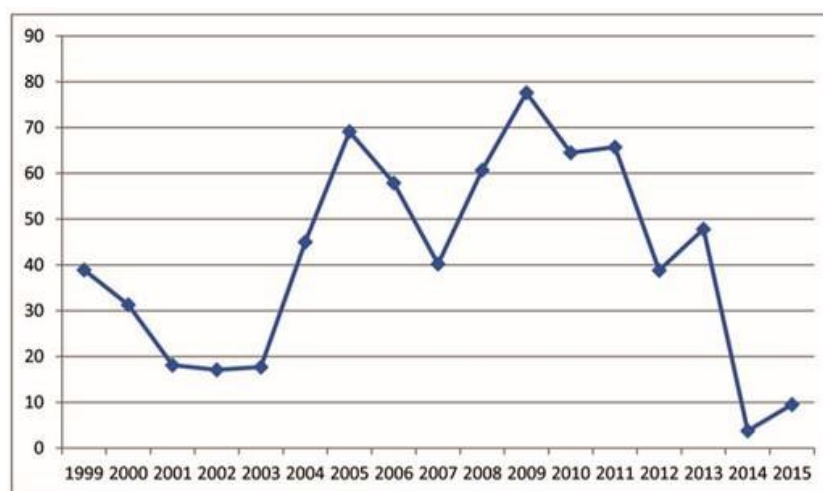


**Fonte: Seriacopi Reinaldo (2012)**

Analogamente à região do crescente fértil, a distribuição heterogênea dos recursos hídricos no planeta Terra, com agravante avanço do aquecimento global e aumento dos períodos de estiagem, ameaçam o fornecimento de água potável para as populações, sendo necessária a adoção de métodos de melhor aproveitamento desse recurso, a exemplo das soluções empregadas pelos egípcios para contornar uma possível escassez de água potável na contemporaneidade.

No Brasil, o ano de 2015 exacerbou uma grave situação a que o país está exposto: a crise de abastecimento. Um ano antes da problemática, uma redução histórica nos níveis da Bacia do Rio Paraíba do Sul afetou diretamente a oferta de água potável para os principais centros Urbanos da Região Sudeste, como as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, que enfrentaram racionamento e restrições de uso da água.

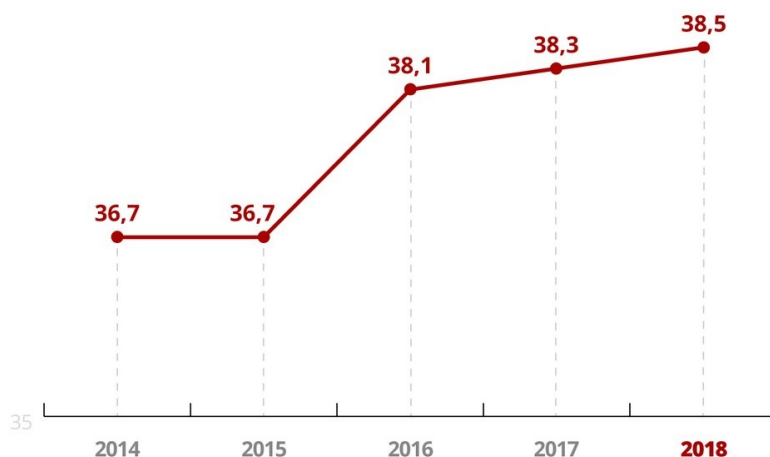
**Figura 2 Evolução do armazenamento do reservatório da bacia do rio Paraíba do Sul (% volume útil, 1999 – 2015)**



Fonte: ANA (2016;2015)

Pouco depois foi a vez da Região Centro-Oeste, com o Distrito Federal (DF) também enfrentando racionamento pela primeira vez em trinta anos devido ao baixo nível dos reservatórios das bacias que abastecem a região, reflexo das mudanças nos períodos e médias pluviométricas anuais.

Além do fator climático, as perdas de água no sistema de tratamento e abastecimento retardam o proveito eficiente desse recurso. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o setor de abastecimento brasileiro apresenta perda de cerca de 40% entre o volume total captado nas estações de tratamento e o somatório das quantidades medidas nos hidrômetros instalados nos imóveis dos clientes.

**Figura 3** Evolução do índice de perda na distribuição de água

Fonte: Instituto Trata Brasil

Dessa maneira, as bacias já fragilizadas pela intensa demanda da sociedade contemporânea são impactadas pelas transformações climáticas e sofrem maior pressão devido a ineficiência dos sistemas de distribuição, que desperdiçam grande parte da água essencial para a sociedade.

Portanto, para evitar novas crises hídricas como a de 2015 e diminuir a demanda sobre as bacias hidrográficas que abastecem as estações de tratamento e distribuição, fontes alternativas de coleta de água podem ser empregadas nas habitações, como um sistema de captação e aproveitamento das chuvas, para substituir parte da água potável nos setores que demandam menor qualidade, a exemplo de torneiras destinadas a lavagem de garagens, pátios, calçadas e áreas externas, bem como em descargas em vasos sanitários.

## 1.2 Objetivos

Consideradas as necessidades de preservação da água e dos riscos de escassez dos recursos hídricos na contemporaneidade, esse trabalho tem o objetivo de discriminar as características de um sistema de uso e aproveitamento de águas pluviais, que serão destinadas a descargas sanitárias e áreas de lavagem. Dessa forma, será possível realizar uma comparação entre o volume total de água potável demandado em uma edificação de alto padrão sem o sistema em questão e a quantidade economizada após sua implantação, com efeito de redução da pressão de demanda sobre as bacias hidrográficas que abastecem as estações de tratamento e distribuição de água potável.

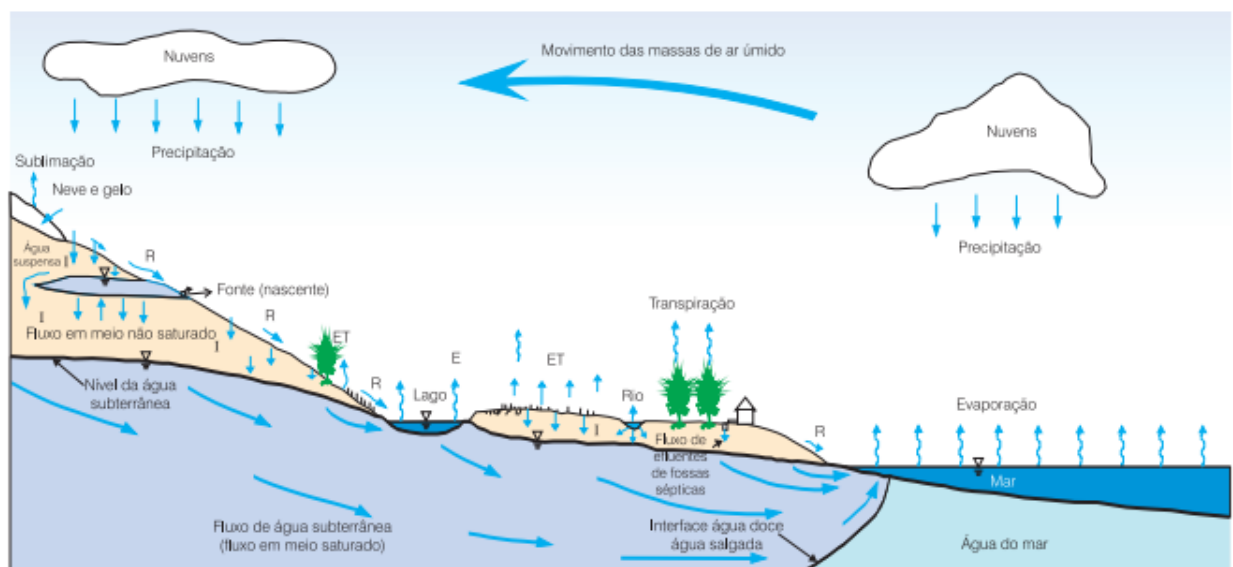
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No intuito de melhor analisar os reais ganhos ambientais, bem como a aplicabilidade prática do uso de águas da chuva, é importante analisar a dinâmica meteorológica desse recurso e compreender seu ciclo.

### 2.1 Ciclo Hidrológico

Sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e daí para os continentes, de onde retorna, superficial ou subterraneamente, ao oceano. Esse ciclo é governado no solo e subsolo pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e pela densidade de cobertura vegetal; e a atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos), pelos elementos e fatores climáticos, como, por exemplo, temperatura do ar, ventos, umidade relativa do ar e insolação, que são os responsáveis pelos processo de circulação da água dos oceanos para a atmosfera em uma dada latitude terrestre (FEITOSA FERNANDO, MANOEL JOÃO, 2008).

**Figura 4 Representação esquemática do ciclo hidrológico**



**Fonte: Feitosa Fernando (2008)**

## 2.2 Precipitação atmosférica

Precipitação é a chegada da água meteórica em estado líquido ou sólido à superfície da Terra (FEITOSA FERNANDO, 2008, p.55). Podendo ser classificada em três tipos, dependendo da forma meteorológica que as originam:

**Convectivas** – as chuvas são ditas convectivas quando geradas por um aquecimento das massas de ar nas proximidades da superfície do solo. Correspondem a aguaceiros locais, típicos do verão. (FEITOSA FERNANDO, 2008, p.55).

**Frontais ou Ciclônicas** – são produzidas pelo contato de superfícies com massas de ar chamadas de frentes de temperatura e umidade diferentes. (FEITOSA FERNANDO, 2008, p.55).

**Orográficas ou de Relevo** – são originadas pelo resfriamento e condensação das massa de ar em ascensão nas encontas de regiões montanhosas. (FEITOSA FERNANDO, 2008, p.55).

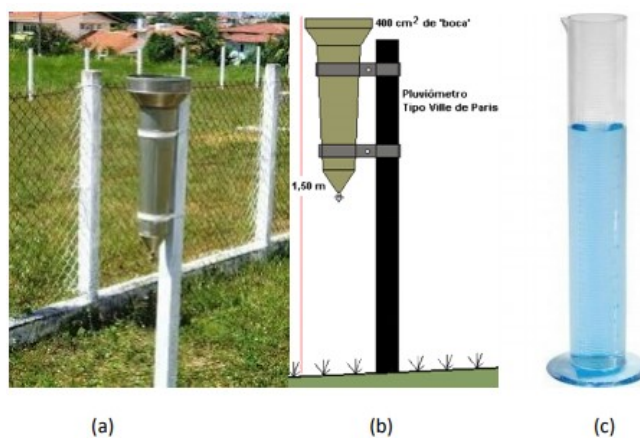
## 2.3 Medição da Precipitação

A chuva é medida por aparelhos chamados pluviômetros, que medem a chuva total precipitada durante um certo intervalo de tempo, anotado pelo observador.

No Brasil, o modelo de pluviômetro de uso mais tradicional e generalizado é o pluviômetro Ville de Paris. Destina-se a captar e acumular a água da chuva para posterior medição com proveta graduada. (FEITOSA FERNANDO, 2008, p.55).

A Figura 5 ilustra os componentes de um pluviômetro Ville de Paris, bem como a instalação em uma base meteorológica. Os dados coletados por esses instrumentos são indispensáveis para o dimensionamento do sistema de aproveitamento das águas pluviais.

**Figura 5 (a) Pluviômetro modelo Ville de Paris, modelo considerado padrão pela Organização Meteorológica Mundial; (b) Padrão de instalação. O pluviômetro deve ser fixado perfeitamente na vertical (c) Proveta graduada diretamente em índice pluviométrico em milímetro**



**Fonte: INMET (2021)**

## 2.4 Aproveitamento de água da chuva no Brasil

Historicamente, a ilha de Fernando de Noronha foi o primeiro local a ser registrado o uso de um sistema de aproveitamento de água da chuva, desenvolvido pelo exército norte-americano em 1943. (GHANAYEM, 2001 citado por PETERS, 2006). Porém, sem existir ainda uma legislação específica que contemplasse o emprego do uso de águas pluviais e seus parâmetros.

No ano de 2007 entrou em vigor a ABNT NBR 15527, norma que rege o sistema de aproveitamento e tratamento de água pluvial no país, o que forneceu à construção civil os requisitos necessários para o aproveitamento de águas pluviais em edificações para fins não potáveis.

Dez anos mais tarde, de acordo com a Lei nº 13.501/2017, o aproveitamento de águas pluviais passou a integrar parte das políticas públicas de preservação dos recursos hídricos no país. Essa lei, com o objetivo de garantir a oferta de água potável de qualidade às gerações futuras, acrescenta à Lei das Águas de 1997 (Lei nº 9.433/97) o objetivo de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais, prevenindo eventos hidrológicos críticos que comprometam o abastecimento de reservatórios e a oferta à população dos grandes centros.

### 3 O PROJETO

O projeto escolhido foi o de uma residência de alto padrão de 2 pavimentos a ser implantada na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. As áreas estão especificadas na Tabela 1. O Apêndice A apresenta o projeto arquitetônico dessa residência.

**Tabela 1 - Áreas dos pavimentos da residência**

<b>LOCAL</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
Terreno	170,0
Casa térreo	58,75
Área total construída	205,91
Área do telhado	73,2

**Fonte: Autor (2021)**

**Tabela 2 - Altura da edificação**

<b>LOCAL</b>	<b>Dimensão</b>
Altura total da edificação	10,0 metros

**Fonte: Autor (2021)**

#### 3.1 Aproveitamento da água da chuva

De acordo com Thomaz (2010) os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Sendo o sistema de captação composto por:

- Área do telhado;
- Calhas e condutores;
- Peneira ou tela para remoção de materiais em suspensão;
- Reservatório;
- Extravasor (ladrão).



O sistema de aproveitamento de água pluvial, apesar de não ser de alta complexidade, deve seguir uma metodologia específica para garantir a eficiência e qualidade do projeto. Segundo Thomaz (2010), deve ter as seguintes etapas e análises:

- identificação da qualidade da água da chuva;
- determinação da precipitação média local ;
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- artefatos dos sistemas complementares (filtros)
- projeto do reservatório de armazenamento
- identificação dos usos da água

### 3.1.2 Qualidade da água pluvial

Os padrões de qualidade da água pluvial devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para uso mais restritivos, deve ser utilizada a Tabela a seguir. (ABNT NBR 15527:2007).

**Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez.		
<sup>c</sup> uH é a unidade Hazen.		

**Fonte: ABNT NBR 15527:2007**

O projeto em questão se dedica a utilização da água da chuva para apenas uso externo, como regagem de jardim, lavagem de garagem/carro e uso em descargas sanitárias, sendo assim, não leva em conta os parâmetros de uso restritivo, sendo utilizado somente artefatos – grades e telas - para a retirada de materiais grosseiros que venham a prejudicar a fluidez nas tubulações.

### 3.1.3 Precipitação Média Local

O Instituto Nacional de Meteorologia, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, tem como missão prover informações meteorológicas à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país. (INMET).

No que concerne ao aproveitamento de águas pluviais, o instituto contribui com a disponibilização de dados meteorológicos, como o registro de precipitação média local, coletados através das mais de 400 estações que administra, distribuídas por todo o território brasileiro.

Entre as estações existentes do instituto, a Estação A507, presente na cidade de Uberlândia, Minas Gerais e instalada em Dezembro de 2002, foi usada para a extração e processamento dos dados pluviométricos locais. As precipitações foram obtidas a partir de 2009, ano em que os dados passaram a apresentar maior constância.

A tabela 4 contém as precipitações totais, em milímetros, para os meses dos anos de 2009 à 2020, bem como a média de precipitação anual para esse intervalo de tempo:

**Tabela 4 - Precipitação mensal, em milímetros, para o município de Uberlândia, no intervalo de 2009 à 2020 – Precipitação média anual em milímetros.**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Janeiro</b>	222,8	189,2	212	287	312,4	123,2	135,6	444	227,4	242	88,6	380,6
<b>Fevereiro</b>	173,4	158,4	228,6	168,4	234,4	104,6	191,8	123	212,2	159	218,8	260
<b>Março</b>	123	113,4	353,2	206,8	194,4	118,6	293,6	265,2	150,4	90,4	92,4	185,2
<b>Abril</b>	81,6	91,8	176	144,4	117,8	116,2	140,6	12,4	47	78	79,2	38,4
<b>Mai</b>	62,6	21,4	5,4	55,4	155,6	14,6	49	40,6	63,8	33,8	49,4	0
<b>Junho</b>	25,4	12,6	19	45,4	9,6	0,4	25,4	64,8	0	0	0	0
<b>Julho</b>	9,6	1,6	0	19,6	0,4	74,8	8,2	0	0	0	0,2	0
<b>Agosto</b>	33,2	0	1	0	7	2	0	45,2	0	12,4	6,8	0
<b>Setembro</b>	108,2	47,2	4,4	31	17,4	19	46,2	4,8	25,2	47,2	43	0
<b>Outubro</b>	84,6	109,8	119	72,2	159,4	38,4	81,8	160,6	96,2	181,4	88	82,8
<b>Novembro</b>	173,8	251	131,4	257,6	123,6	337,4	302	254,8	290,6	360,2	227,8	113,8

<b>Dezembro</b>	348	286,8	271	175,2	368,4	188,2	229,8	283,8	244,6	410	365,8	596

**PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL: 1.470,25**

**Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia**

### 3.1.4 Área de coleta

Em consonância com a ABNT NBR 15527:2007, utiliza-se a coleta de água de chuva resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas, telhados, onde não há circulação de pessoas e veículos, visando a obtenção de água de melhor qualidade e com menor quantidade de impurezas. Portanto, a área de coleta pode ser mensurada através da planta de cobertura da edificação. Como apresentado na Tabela 1, a área de projeção do telhado deste projeto é igual a 73,2 m<sup>2</sup>.

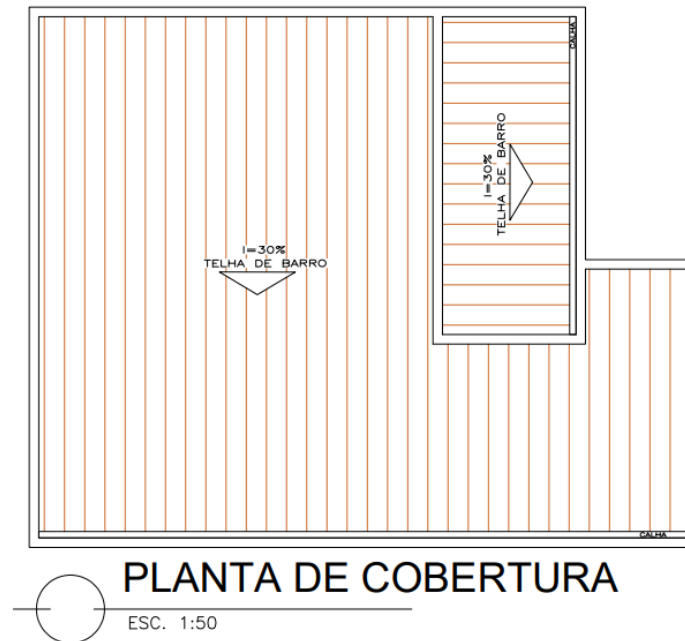
### 3.1.5 Coeficiente de escoamento superficial

Segundo a ABNT NBR 15527:2007, o coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de runoff (C), apresenta a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, podendo esse coeficiente variar conforme o material da superfície utilizada.

Ainda segundo a norma, e de acordo com Tomaz (2009), em geral, o coeficiente de escoamento para telhados aplica-se em 0,8. Esse valor, multiplicado pelo valor do volume de água precipitada, permite a obtenção do volume pluvial aproveitado para o sistema.

A Figura 6 ilustra a planta de cobertura da edificação residencial, a qual será usada para o cálculo do volume do reservatório.

**Figura 6 Planta de Cobertura**



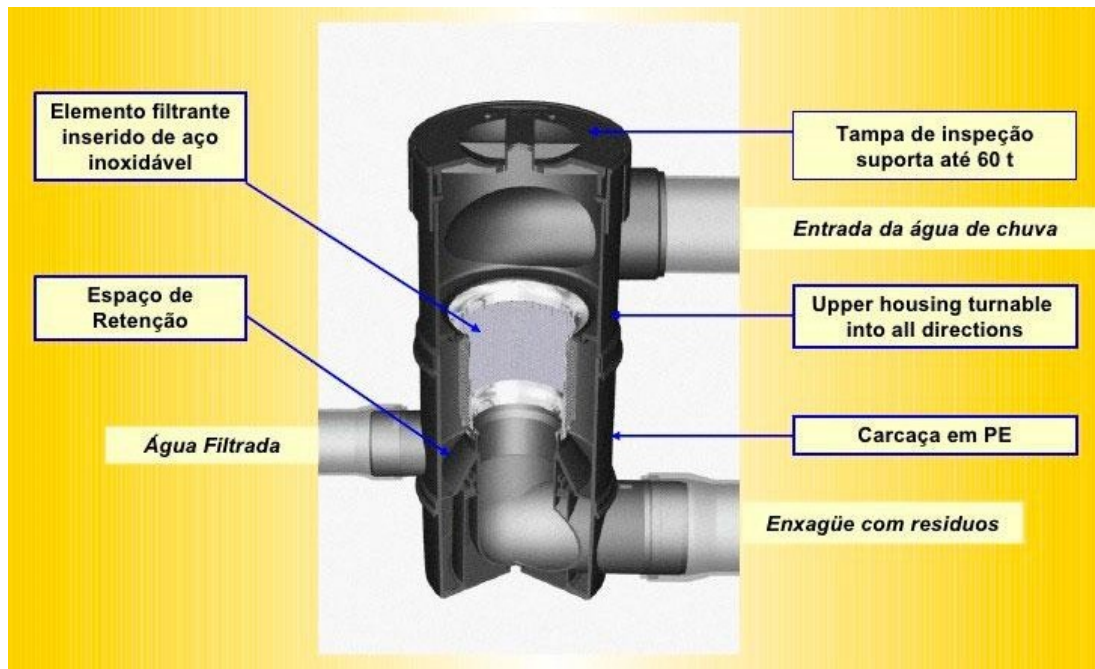
**Autor (2021).**

### 3.1.6 Filtro Vortex

Com o objetivo de retirar materiais grosseiros do volume captado, impedindo a possível obstrução das tubulações, é importante o emprego de mecanismos que removam detritos como folhas, galhos, insetos e musgos. Neste caso, o filtro vortex atua separando a água de chuva dessas, com mínima perda de água e exigência de manutenção mínima (ENGEPLAS 2021). Segundo a Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente, o filtro vortex possui as seguintes características:

- Capta cerca de 90% da água;
- Filtra partículas de até 0,28mm;
- Qualidade superior, com fabricação em aço inox (elemento filtrante) e carcaça de polipropileno;
- Não há redução da seção da tubulação, evitando entupimentos;
- Instalação e manutenção extremamente fáceis;

Figura 7 Filtro Vortex.



Fonte: Acquacontroll (2021).

## 4 DIMENSIONAMENTO

### 4.1 Considerações gerais

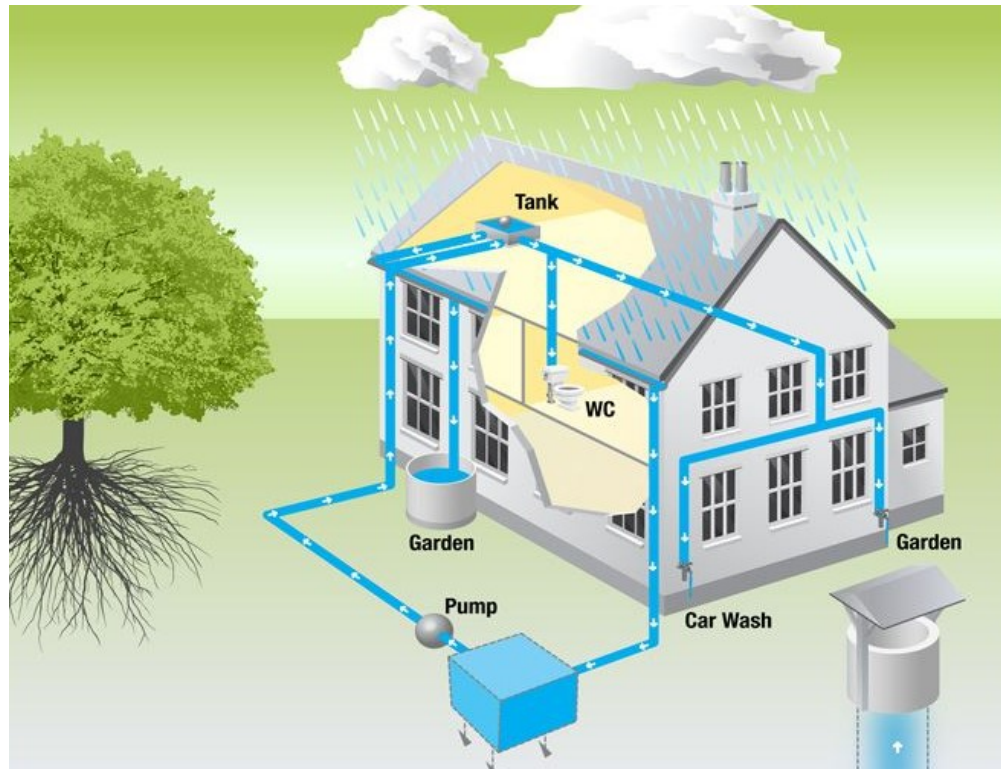
O sistema de abastecimento da edificação para uso de águas pluviais necessita de dois sistemas de alimentação independentes para suprir a demanda dos equipamentos relativos a cada um deles. O volume captado das precipitações atmosféricas será destinado ao uso em vasos sanitários, uma vez que “geralmente encontra-se entre os três maiores consumos de uma residência” (MAY, 2009, pg.53), e para a lavagem das áreas externas e irrigação de jardins.

Considerando os períodos de menor intensidade pluviométrica, que acarretariam uma menor captação pelo sistema de aproveitamento pluvial, os locais abastecidos por esse sistema também podem ser abastecidos por água potável, devidamente dimensionado para evitar a contaminação.

A Figura 8 ilustra o sistema de uso de água pluvial completo em uma residência. O sistema apresentado é constituído por um reservatório inferior e um superior. O reservatório

inferior é destinado à captação das águas pluviais, e a envia, por meio de uma bomba, para o reservatório superior, sendo posteriormente destinada para fins não potáveis, como o uso em vasos sanitários e águas de lavagem.

**Figura 8 Sistema de uso de água pluvial em uma residência**



Fonte: Maxup Solar Energy

#### 4.2 Consumo de água

De acordo com a Organização das Nações Unidas, cada pessoa necessita de  $3,3 \text{ m}^3$  / pessoa / mês (cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene). Porém, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia. (ENGEPLAS, 2010).

No que tange ao consumo de água nos sanitários, locais onde serão destinados parte do volume armazenado pelo sistema de captação pluvial, de acordo com Oliveira (2017), a descarga é acionada, em média, 3 vezes por pessoa por dia, sendo assim deduz-se uma bacia sanitária antiga, que gasta de 9 a 12L por descarga.

Utilizando os valores obtidos nas pesquisas descritas neste trabalho, considera-se que as bacias têm uma contribuição de 14% do total de água da residência. Por ser uma edificação

de alto padrão, foi considerado um consumo médio de 250 litros por habitante ao dia, como descrito no item 4.2.1, a seguir.

#### 4.2.1 Consumo de água potável

Para estimar o consumo de água em uma residência considera-se a existência de duas pessoas por quarto (Oliveira, 2017). Como a edificação deste projeto possui dois quartos em seu projeto, temos os seguintes cálculos:

Total de pessoas na edificação= 2 quartos \* 2 pessoas = 4 pessoas.

A demanda total de água é dado por:

$$CD = P \times C$$

$$CD = 4 \times 250 = 1000 \text{L/Dia}$$

CD = Consumo diário de água na edificação, em L/dia;

P = Número de pessoas total a serem atendidas;

C = Consumo de água por habitante por dia (L/hab.dia).

Portanto, o consumo diário total adotado na residência deste projeto será de 1000 (um mil) litros por dia.

#### 4.2.2 Consumo de água não potável

Faz-se necessário determinar a demanda de água não potável, que poderá ser suprida pelo sistema de captação e armazenamento de água pluvial. A Tabela 5 expressa a demanda de água não potável por utilização em cada ponto do sistema, tornando possível o cálculo para mensurar o volume total demandado:

**Tabela 5 - Demanda de água não potável nos pontos abastecidos**

Demanda por utilização	
Vaso Sanitário	14% do consumo total
Lavagem da área impermeabilizada	4L/dia/m <sup>2</sup>
	8 utilizações/mês

**Fonte: Gonçalves(2006) e Thomaz(2001)**

Primeiramente, o cálculo do volume máximo diário necessário ao abastecimento das descargas do vaso sanitário foi realizado multiplicando-se o volume total gasto na residência pela porcentagem de utilização destinada aos sanitários, como descrito na Tabela 5, acrescido de 10% de perda no volume;

$$Q_{vaso} = 0,14 \times 1,10 \times 1000 = 154 \text{ l/dia}$$

Ademais, para o cálculo do volume demandado na área de lavagem, foram consideradas as seguintes áreas descritas na Tabela 6:

**Tabela 6 - Áreas da edificação.**

Informações do projeto	
Área do terreno	170m <sup>2</sup>
Área da casa	58,75m <sup>2</sup>
Área de lavagem	111,25m <sup>2</sup>
Área de contribuição telhado	73,2m <sup>2</sup>

**Fonte: Autor (2021)**

A área de lavagem é resultado da subtração entre a área do terreno e a área da casa térreo:

$$A_{lavagem} = A_{terreno} - A_{casa\ térreo} = 170 - 58,75 = 111,25\text{m}^2$$

Com isso o volume da vazão de lavagem fica da seguinte forma:

$$Q_{lavagem} = 4 \times 111,25 = 445 \text{ L/Dia}$$

Portanto, a vazão total de água não potável é a soma da água utilizada no vaso sanitário e a água de lavagem por dia, multiplicada por 8 utilizações por mês:

$$Q_{total} = 8 \times 445 + 30 \times 154 = 8180 \text{ L/mês} = 272,67 \text{ L/dia}$$



Dessa forma, dos 1000 litros demandados do consumo diário de água na residência, 272,67 litros serão destinados a pontos de utilização não potável, volume que poderá ser fornecido pela água de chuva.

### 4.3 Reservatórios

O volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 h de consumo normal no edifício. Para o volume máximo de reservação, recomenda-se que sejam atendidos dois critérios: garantia de potabilidade da água nos reservatórios no período de detenção médio em utilização normal e, em segundo, atendimento à disposição legal ou regulamento que estabeleça volume máximo de reservação.(NBR 5626:1998). Dessa forma, considerando para o dimensionamento do reservatório o consumo diário mínimo de mil litros, e o consumo máximo como três vezes esse valor, obtém-se a média de consumo diário na residência:

$$1CD \leq 2CD \leq 3CD$$

$$1000 \text{ l/dia} \leq 2000 \text{ l/dia} \leq 3000 \text{ l/dia}$$

Portanto, para o atendimento de toda a população da casa, será necessário aproximadamente 2000l/dia. Mas, devido a existência do reservatório de água pluvial captada que irá atender os vasos sanitários e a água de lavagem, o consumo dos reservatórios referentes ao abastecimento da rede será dividido, conforme a seguir.

#### 4.3.1 Reservatório superior de água de reuso

Para o reservatório superior de águas pluviais foi utilizado somente o consumo de água não potável. Considerando, novamente, a quantidade mínima de 272,67 litros por dia, e a quantidade máxima como sendo três vezes esse valor, obtendo a média da seguinte forma:

$$1CD \leq 2CD \leq 3CD$$

$$272,67 \text{ l/dia} \leq 545,34 \text{ l/dia} \leq 818,01 \text{ l/dia}$$

Assim, com o volume diário de água não potável resultando de aproximadamente 545,34l/dia, foi adotada uma caixa d'água de 500L.

#### 4.3.2 Reservatórios superiores de água potável

Para o dimensionamento dos reservatórios de água potável, foi subtraído do consumo total o volume de água não potável, resultando em um volume mínimo de 727,33 litros por dia de água potável a ser consumida:

$$C_{restante} = C_{total} - C_{\text{água não potável}} = 1000 - 272,67 = 727,33 \text{ L/dia}$$

Adotando os parâmetros de segurança da manutenção do nível dos reservatórios para eventuais demandas atípicas, o volume diário de água potável a ser considerado é igual a duas vezes o consumo mínimo:

$$1CD \leq 2CD \leq 3CD$$

$$727,33 \text{ l/dia} \leq 1454,66 \text{ l/dia} \leq 2181,99 \text{ l/dia}$$

Portanto, para armazenar o volume de 1454,66 litros, foram empregadas duas caixas d'água de 750L cada.

#### 4.3.3 Reservatório inferior

Para o armazenamento de água da chuva, “o dimensionado deve ser realizado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia”. (ABNT NBR 15527:2007). Ainda segundo a norma, é possível utilizar alguns dos métodos veiculados no texto, sendo sua escolha condicionada pelo método mais eficaz aplicado ao sistema, atingindo boa eficiência entre o volume armazenado e a demanda a ser atendida. Nesse projeto dar-se-à ênfase ao Método Prático Inglês e ao Método de Azevedo Neto, dos quais foi extraída a média do resultado obtido por esses dois métodos, como descrito a seguir

#### 4.3.4 Método de Azevedo Neto

Em conformidade com a ABNT NBR 15527:2007, no método de Azevedo Neto o volume de chuva captado pelo reservatório é obtido pela seguinte equação:

$$V_{\text{reservatório}} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Onde:

$V_{\text{reservatório}}$  = Volume do reservatório (L);

$P_a$  = Precipitação pluviométrica anual média ( $\text{mm}/\text{ano} = \text{L}/\text{m}^2$  por ano);

$A$  = Área de captação ( $\text{m}^2$ );

$T$  = Número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

Dessa forma, foram empregados os valores presentes na Tabela 7:

**Tabela 7 - Valores utilizados para aplicação da fórmula do Método de Azevedo Neto**

Dados para os Métodos	
Precipitação Média Anual	1470,25m <sup>2</sup>
Área de captação	73,2m <sup>2</sup>
T	6 meses

**Fonte: Autor (2021)**

Com isso, para o método em questão, o volume do reservatório de águas pluviais deve ser de aproximadamente 2.712 litros.

$$V_{\text{reservatório}} = 0,0042 \times 1470,25 \times 73,2 \times 6 = 2712,082L$$

#### 4.3.5 Método Prático Inglês

Para o Método Prático Inglês, o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V_{\text{reservatório}} = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

$V_{reservatório} = \text{Volume do reservatório (L)}$ ;

$P_a = \text{Precipitação pluviométrica anual média (mm/ano} = L/m^2 \text{ por ano)}$ ;

$A = \text{Área de captação (m}^2\text{)}$ ;

Assim temos, para o Método Prático Inglês, o volume de 5.381,115 litros a ser armazenado pelo reservatório:

$$V_{reservatório} = 0,05 \times 1470,25 \times 73,2 = 5381,115L$$

#### 4.3.6 Valor médio entre os métodos

Observados os dados supracitados, realiza-se o cálculo da média entre os valores obtidos nos dois métodos:

**Tabela 8 - Volumes, em litros, dos reservatórios de águas pluviais obtidos pelo Método de Azevedo Neto, e Método Prático Inglês.**

Método	Volume (L)
Azevedo Neto	2712,082
Método Prático Inglês	5381,115

Fonte: Autor (2021)

$$V_{reservatório} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{2712,082 + 5381,115}{2} = 4046,59L$$

Onde:

$V_{reservatório} = \text{Volume do reservatório (L)}$ ;

$V_1 = \text{Volume obtido pelo Método de Azevedo Neto (L)}$ ;

$V_2 = \text{Volume obtido pelo Método Prático Inglês (L)}$ .

Por conseguinte, foi adotado um reservatório inferior para armazenamento de água de chuva com 4000 litros de capacidade.

## 4.4 Águas Pluviais

O Sistema de captação de água pluvial foi dimensionado conforme as normas ABNT NBR 10844 e ABNT NBR 15527, que estabelecem as exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, cujo sistema deve possuir os componentes a seguir descritos.

#### 4.4.1 Calhas

As calhas são canais que recolhem a água precipitada na cobertura. A norma da ABNT 10844:1989 mostra que para o cálculo das calhas a vazão é dada pela fórmula de Manning – Strickler:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

S = Área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;

N = Coeficiente de rugosidade (Ver tabela 18);

Rh = Raio Hidráulico, em m;

i = Declividade da calha, em m/m;

K = 60.000.

Sendo os seguintes valores de coeficientes de rugosidades correspondes a cada material:

**Tabela 9 - Coeficientes de rugosidade**

Material	<u>n</u>
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

**Fonte: ABNT NBR 10844:1989**

Neste projeto foi adotado uma calha de aço galvanizado com dimensões de 10 cm x 16 cm. Portanto, os dados para o cálculo são:

**Tabela 10 - Dados para cálculo do dimensionamento de calhas**

<b>DADOS PARA O CÁLCULO</b>	
Área da Seção Molhada	0,008m <sup>2</sup>
Declividade da Calha	0,50%
Coefficiente de Rugosidade	0,011
Perímetro Molhado	0,26cm
K	60000

Fonte: Autor (2021)

Portanto, a vazão calculada é:

$$Q = 60000 \times \left(\frac{0,008}{0,011}\right) \times \left(\frac{0,008}{0,26}\right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{0,5}{100}\right)^{\frac{1}{2}} = 302,98 \text{ l/min}$$

Adotando a intensidade pluviométrica de 174 mm/h, com tempo de retorno de 5 anos, e usando a área de contribuição do telhado de 73,2m<sup>2</sup>, temos:

$$Q = \frac{174}{1000} \times 73,2 = 12,7368 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{1000}{60} = 212,28 \text{ l/min}$$

Para verificar se o dimensionamento está correto, é necessário que a vazão da calha seja maior que a necessária. Portanto:

$$Q > Q_{nec} \quad 302,98 \text{ l/min} > 212,28 \text{ l/min}$$

Conclui-se que a calha escolhida é adequada.

#### 4.4.2 Condutores Horizontais e Verticais

Os condutores horizontais e verticais devem ser escolhidos de acordo com o estabelecido pela ABNT NBR 10844:1989, respeitando os valores estabelecidos na Tabela 11.

**Tabela 11 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT NBR 10844:1989

**Tabela 12 - Dados para a escolha do condutor vertical**

DADOS PARA ESCOLHA DO CONDUTO VERTICAL	
Precipitação	174mm/h (Catalão - GO)
Área de contribuição	73,2m <sup>2</sup>
Vazão	3,538l/s

Fonte: Autor (2021)

Portanto, considerando os dados supracitados, foram escolhidos para este projeto os tubos de 100 mm para ambos os condutores. No apêndice B, foram colocadas as plantas dos pavimentos com a disposição de todas as tubulações do sistema.

#### 4.4.3 Sistema elevatório

Um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório (ou ponto) inferior para outro reservatório (ou ponto) superior (UCKER, 2015). Neste projeto os dados para aplicação do sistema elevatório são os seguintes:

Tabela 13 Dados para cálculo do diâmetro de recalque

DADOS CÁLCULO DIÂMETRO DE RECALQUE	
Capacidade de reserva	4000L
Número de horas trabalhadas	5h

Fonte: Autor (2021)

$$Q = \frac{4000}{5} = 800 \text{ l/h} \times \frac{1}{3600000} = 0,00022 \text{ m}^3/\text{s}$$

a) Cálculo do diâmetro interno de recalque:

Para o cálculo do diâmetro do recalque utilizou-se:

$$\phi_{rec} = 1,3 \times \sqrt[4]{X} \times \sqrt{Q}$$

Onde:

$\phi_{rec}$  = Diâmetro de recalque (m);

X = número de horas trabalhadas divididas por 24 horas;

Q = Vazão de recalque (m<sup>3</sup>/s).

Adotando um número de horas trabalhadas igual a 5, foi calculado o diâmetro de recalque:

$$\phi_{rec} = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{5}{24}} \times \sqrt{0,00022} = 0,02462 \text{ m} = 24,62 \text{ mm}$$

Portanto, o diâmetro adotado foi de 32 mm, com diâmetro interno de 27,6mm. O diâmetro da sucção foi adotado o mesmo do recalque.

b) Verificação da velocidade de recalque

Para o cálculo da velocidade, temos:

$$V = \frac{Q \times 4}{\pi \times d^2} = \frac{0,00022 \times 4}{\pi \times 0,0276^2} = 0,372 \text{ m/s}$$

c) Perda de Carga



Alguns fatores influenciam na perda de carga distribuída em um tubo, como seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão. Para calcular o valor da perda de carga unitária nos tubos, pode-se usar a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao:

$$J = 0,000869 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em m/m;

Q = vazão estimada na seção considerada, em m<sup>3</sup>/s;

d = diâmetro interno do tubo, em metros.

Dessa forma:

$$J = 0,000869 \times 0,00022^{1,75} \times 0,0276^{-4,75} = 0,008945m/m$$

**Tabela 14 Dados para cálculo do diâmetro de recalque**

<b>Comprimento equivalente - Sucção</b>		
	Quantidade	Leq
Valvula de pé com crivo	1	13
RG	1	0,3
<b>Leq</b>		<b>13,3</b>

Fonte: Autor (2021)

**Tabela 15 Comprimentos equivalentes (recalque)**

<b>Comprimento equivalente - Recalque</b>		
	Quantidade	Leq
Joelho 90	6	7,2
Joelho 45	1	0,5
Saída canalização	1	0,9
RG	1	0,2
<b>Leq</b>		<b>8,8</b>

Fonte: Autor (2021)

Tabela 16 Comprimentos equivalentes

	Comprimento Equivalente	Comprimento Real	Total
Sucção	13,3	0,5	13,8
Recalque	8,8	16,0091	24,8091

Fonte: Autor (2021)

Para descobrir o valor da perda de carga, em metros, basta multiplicar o valor da perda de carga unitária pelo comprimento total de cada trecho do sistema. Portanto, as perdas de carga no trecho de sucção e recalque foram:

$$\Delta H_{sucção} = 0,008945 \times 13,8 = 0,1234m$$

$$\Delta H_{recalque} = 0,008945 \times 24,8091 = 0,2219 m$$

## d) Altura Manométrica

A altura manométrica é a energia que a bomba deve transmitir para que o líquido bombeado chegue com determinada vazão até o ponto de destino do sistema. Para o cálculo, é necessário somar a altura geométrica (somatório das alturas do trecho de sucção e recalque) com as perdas de carga de cada trecho. Assim, utilizando os dados do projeto, foi calculada a altura manométrica do sistema:

$$Hm = Hg + \Delta H_{sucção} + \Delta H_{recalque}$$

$$Hm = 10,2365 + 0,1234 + 0,2219 = 10,58186m$$

## e) Dados da bomba

Para a escolha da bomba, foi escolhida a empresa DANCOR, linha de bombas centrífugas, série CAM. E para o esse projeto, a bomba mais indicada é a CAM W-4C. Em seguida, foi mostrado as especificações desse modelo, com as curvas para determinar a potência da bomba:

Figura 9 Bomba centrífuga CAM W-4C

Série CAM  
**CAM W-4C**  
Centrífuga de Aplicação Múltipla

Motor 2 Polos - 3500 rpm - 60 Hz

Modelo		Pot. (cv)	Tubulação		Diâmetro rotor (mm)	AMT max. (mca)	Altura Manométrica Total em metros de Coluna de Água (mca) Não estão incluídas as perdas por atrito							
Monofásico	Trifásico		Sucção (bsp)	Elevação (bsp)			4	6	8	10	12	14	16	18
127/220V	220V/380V						Vazão (m <sup>3</sup> /h)							
CAM-W4C	--	1/4	1"	3/4"	95,0	17	7,7	7,0	6,0	4,9	3,4	1,8	0,3	
		1/3			99,0	18	8,5	7,7	6,9	6,0	5,0	3,9	2,6	0,9
	CAM-W4-NE	1/2			110,0	21		8,3	7,7	7,0	6,2	5,2	3,9	2,5

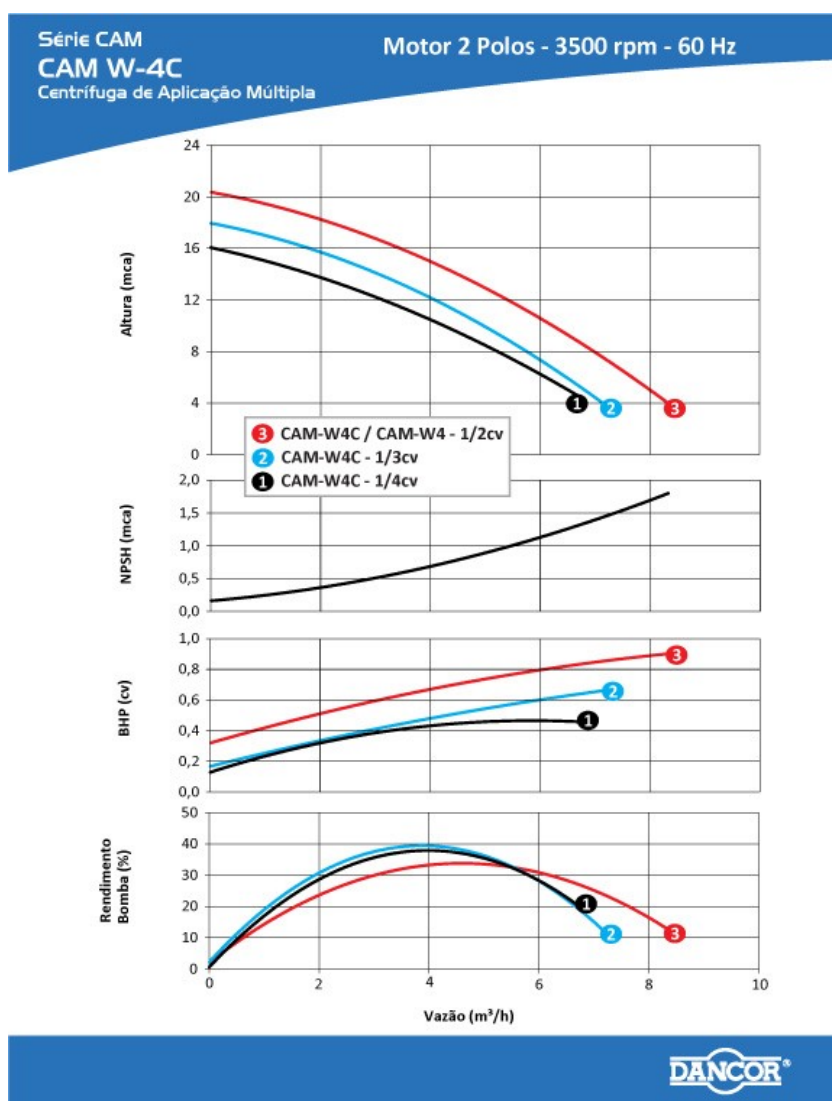
**IMPORTANTE:** Não utilizar as bombas em alturas inferiores àquelas limitadas pela linha demarcativa, sob o risco de sobrecarga no motor elétrico, ocasionando a perda da **GARANTIA**.



Fonte: Dancor

Com os dados da altura manométrica e vazão, foi escolhida a bomba com potência de 1/4cv.

Figura 10 Curvas da bombaw centrífuga CAM W-4C



Fonte: Dancor

f) Potência da bomba

Pela curva da bomba, foi obtido um rendimento de aproximadamente 13%. Com isso, é possível calcular a potência pela fórmula:

$$Pot (cv) = \frac{9,8 \times Hm \times Qr}{\eta}$$

Onde:

Pot (cv) = Potência da bomba, em cv;

Hm = Altura manométrica, em m;

$Q_r$  = Vazão de recalque, em  $m^3/s$ ;

$\eta$  = Rendimento da bomba, em %.

Assim a potência fica:

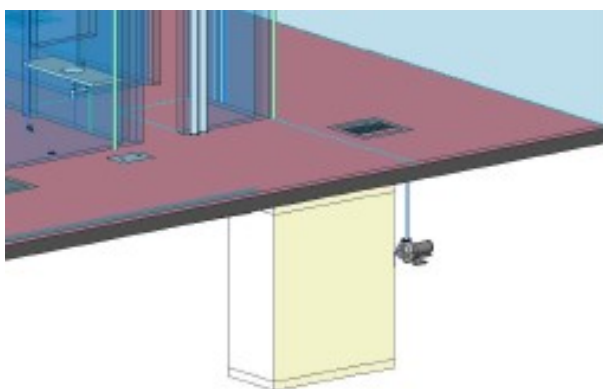
$$Pot (cv) = \frac{9,8 \times 10,582 \times 0,00022}{0,13} = 0,192cv$$

Portanto, constata-se que a bomba de  $1/4cv$  é suficiente para o sistema.

## 5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO PREDIAL PLUVIAL

O modo de operação do sistema hidráulico predial para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis ocorre sem grandes complexidades. Na prática, a água coletada exclusivamente do telhado é direcionada para as calhas e condutores horizontais e verticais, como discriminados neste trabalho. Nesse momento, o Filtro Vortex exerce a função de pré-tratamento da água pluvial, retirando materiais grosseiros e impurezas que venham a obstruir as tubulações. Por conseguinte, a água segue então para o reservatório inferior, onde será armazenado em um nível abaixo da edificação, como ilustrada na Figura 18, fragmento do Projeto Arquitetônico que pode ser encontrado na íntegra no Apêndice A.

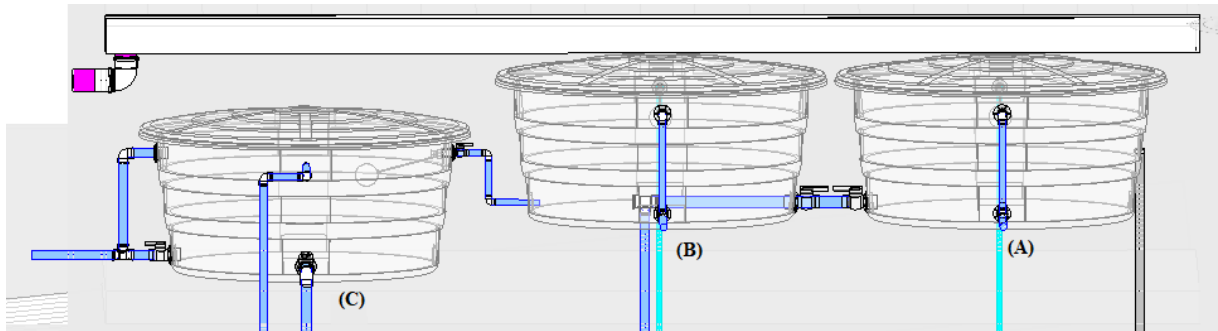
**Figura 11 Reservatório Inferior**



**Fonte: Autor (2021)**

Após a chegada ao reservatório inferior, o sistema de recalque desempenha então a função de direcionar a água pluvial ao reservatório superior. Essa ascensão ocorre por meio de bomba centrífuga que, como já descrito, funcionará cerca de cinco horas por dia, quando houver volume em seu interior. Dessa forma, o volume hídrico captado das chuvas ocupa um dos três reservatórios superiores empregados neste projeto, ilustrados na Figura 12:

**Figura 12 (A) e (B) Reservatórios de água potável; (C) Reservatório de água de reúso.**



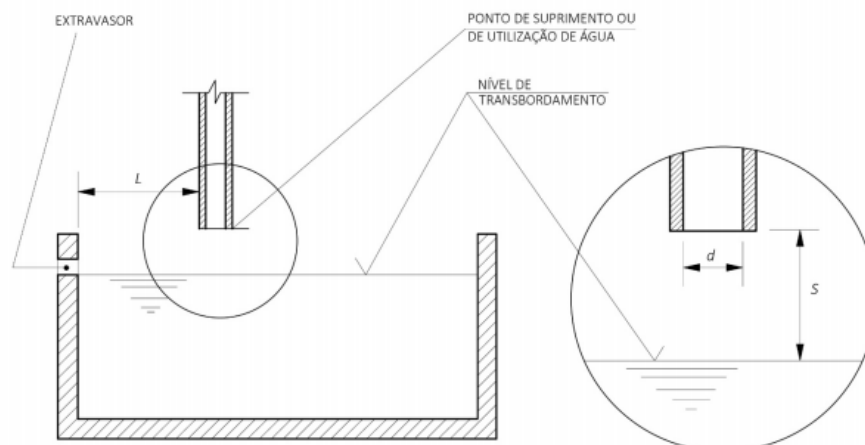
**Fonte: Autor (2021)**

Por conseguinte, a água de reúso, armazenada no reservatório (C), é destinada aos pontos de uso de água não potável: descargas sanitárias e torneiras de lavagem de áreas externas e irrigação de jardins.

Na implantação dos reservatórios é válido ressaltar que foram empregados mecanismos para evitar o desabastecimento dos pontos citados, caso o volume de chuva captado não seja suficiente. Este mecanismo consiste na conexão com um dos reservatórios de água potável, a fim de que, em caso de redução no volume do reservatório de água pluvial, o mesmo seja abastecido, garantindo o fornecimento hídrico aos pontos conectados.

Nesta conexão, é imprescindível prever meios para evitar uma possível contaminação da rede de água potável. Seguindo as orientações da NBR 5626, adota-se um dispositivo de prevenção de refluxo, chamado de separação atmosférica, tendo grande efetividade. Esse dispositivo garante uma distância mínima entre o ponto de suprimento e a altura máxima alcançada pelo volume de água no reservatório, bem como das paredes desse. A figura 13 ilustra o mecanismo de separação atmosférica.

**Figura 13 Esquema de separação atmosférica padronizada**



**Fonte: ABNT (1998)**

Dessa forma, garante-se que não haverá contaminação entre os reservatórios de água pluvial e de água potável, assegurando o contínuo abastecimento dos vasos sanitários e torneiras externas.

## 6 CONCLUSÃO

Considerando os métodos adotados neste trabalho, para mensurar os resultados práticos na diminuição do consumo de água potável favorecidos pelo sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, bem como a redução conjunta no custo monetário mensal com a conta de água, duas variáveis são de fundamental importância, sendo elas:

- a) A pluviosidade média para cada mês do ano (Tabela 28);
- b) A tarifa pelo consumo mensal de água (Tabela 29);

**Tabela 17 Médias pluviométricas mensais entre 2009 e 2020**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MEDIA
Janeiro	222,8	189,2	212	287	312,4	123,2	135,6	444	227,4	242	88,6	380,6	238,7333
Fevereiro	173,4	158,4	228,6	168,4	234,4	104,6	191,8	123	212,2	159	218,8	260	186,05
Março	123	113,4	353,2	206,8	194,4	118,6	293,6	265,2	150,4	90,4	92,4	185,2	182,2167
Abril	81,6	91,8	176	144,4	117,8	116,2	140,6	12,4	47	78	79,2	38,4	93,61667
Mai	62,6	21,4	5,4	55,4	155,6	14,6	49	40,6	63,8	33,8	49,4	0	45,96667
Junho	25,4	12,6	19	45,4	9,6	0	25,4	64,8	0	0	0	0	16,85
Julho	9,6	1,6	0	19,6	0,4	74,8	8,2	0	0	0	0,2	0	9,533333
Agosto	33,2	0	1	0	7	2	0	45,2	0	12,4	6,8	0	8,966667
Setembro	108,2	47,2	4,4	31	17,4	19	46,2	4,8	25,2	47,2	43	0	32,8
Outubro	84,6	109,8	119	72,2	159,4	38,4	81,8	160,6	96,2	181,4	88	82,8	106,1833
Novembro	173,8	251	131,4	257,6	123,6	337,4	302	254,8	290,6	360,2	227,8	113,8	235,3333
Dezembro	348	286,8	271	175,2	368,4	188,2	229,8	283,8	244,6	410	365,8	596	313,9667

Fonte: Autor (2021)

**Tabela 18 Preço pelo consumo mensal de água**

I - CATEGORIA RESIDENCIAL	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Com hidrômetro:								
De 0 a 10 m <sup>3</sup> - tarifa mínima residencial	R\$8.01	R\$8.46	R\$13.94	R\$15.51	R\$15.51	R\$16.53	R\$19.01	R\$19.65
De 11 a 20 m <sup>3</sup> - preço por m <sup>3</sup> excedente	R\$0.92	R\$0.97	R\$1.07	R\$1.19	R\$1.19	R\$1.27	R\$1.46	1.51
De 21 a 30 m <sup>3</sup> - preço por m <sup>3</sup> excedente	R\$1.05	R\$1.11	R\$1.22	R\$1.36	R\$1.36	R\$1.45	R\$1.67	1.73
De 31 a 40 m <sup>3</sup> - preço por m <sup>3</sup> excedente	R\$1.46	R\$1.54	R\$1.69	R\$1.88	R\$1.88	R\$2.00	R\$2.30	2.38
De 41 a 50 m <sup>3</sup> - preço por m <sup>3</sup> excedente	R\$2.51	R\$2.65	R\$2.92	R\$3.24	R\$3.24	R\$3.45	R\$3.97	4.10
Acima de 50 m <sup>3</sup> - preço por m <sup>3</sup> excedente	R\$3.12	R\$3.29	R\$3.62	R\$4.03	R\$4.03	R\$4.30	R\$4.95	5.12

Fonte: Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia



Analisados os dados, o volume de água poupado pela residência adotada, no decorrer de um ano, foi de, traduzindo-se em uma redução de cerca de 27% na demanda de água potável, tendo considerável impacto na preservação deste recurso.

Com a redução na conta de água pelo volume poupado, tem-se que preço por metro cúbico de água em Uberlândia varia, de R\$1,51/m<sup>3</sup> à R\$5,12/m<sup>3</sup>, de acordo com o volume de água consumido (DMAE, 2021). Dessa forma, como a residência adotada no projeto deste trabalho possui um gasto mensal de 30m<sup>3</sup> de água, foi adotada a tarifa de R\$1,73/m<sup>3</sup>, o que resultou em um gasto anual total com água potável de R\$ 651,00 sem o sistema de aproveitamento de água das chuvas. Com a presença do sistema, a economia proporcionada em um ano seria de R\$193,00, uma redução de, aproximadamente, 30% no custo anual de água bem.

Para melhor elucidar os benefícios da aplicação deste sistema, foi utilizado como modelo prático o Condomínio Residencial Varandas Sul, localizado na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, constituído por 350 lotes. Aplicando o mesmo padrão residencial adotado neste projeto, considera-se um total de 1400 habitantes (4 habitantes por lote). Dessa forma, de acordo com dados supracitados, a economia que o sistema de aproveitamento de águas pluviais traria para o condomínio conseguiria abastecer aproximadamente 414 habitantes por ano. Portanto, é nítida a contribuição ambiental que seria atingida, reduzindo a pressão sobre os recursos fluviais e contribuindo para a preservação do equilíbrio ecológico a longo prazo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As últimas décadas vividas no mundo contemporâneo exaltaram a crescente preocupação mundial com o clima e os recursos naturais do planeta. Conferências climáticas, protocolos para redução de poluentes, cúpulas, frequentemente os líderes das maiores potências do globo se reúnem para discutir o futuro do nosso habit. Entre esses recursos, a água figura como um dos primordiais à existência humana e de vida na Terra, devendo ser preservada com proporcional atenção, preservando-a e desenvolvendo políticas públicas para seu uso com máxima eficiência e sustentabilidade.

Neste trabalho estão presentes informações para incentivar uma das várias formas de se preservar a água e garantir sua disponibilidade a longo prazo: o aproveitamento da água pluvial. O Brasil, sendo um país com território majoritariamente de clima tropical, tem enorme potencial pluviométrico para tornar eficientes os sistemas de coleta pluvial, contribuindo para redução da demanda dos reservatórios que abastecem a rede de água tratada nas cidades, preservando os mananciais.

Uma das principais particularidades do sistema de captação fluvial é a determinação do volume do reservatório inferior de águas pluviais, volume esse que terá impacto fundamental na redução do gasto de água tratada. Os métodos utilizados neste trabalho para o cálculo do referido volume do reservatório, considera os valores médios de precipitação mensal, visto que a determinação exata da pluviosidade em cada mês do ano é variável conforme a estação e fatores atmosféricos que podem variar anualmente.

A etapa seguinte ao cálculo do volume do reservatório baseou-se em dimensionar o sistema predial de água fria, como normalmente é feito para as edificações usuais, atento para o fato de que as tubulações de água potável não podem se conectar com as tubulações de água não potável, devido ao risco de contaminação. Apesar de os reservatórios se comunicarem, as conexões não permitem a passagem de água pluvial para o reservatório de água potável, garantindo a segurança química e biológica do sistema em questão.

As práticas de coleta e utilização residencial de água da chuva no Brasil ganham maior atenção nas regiões de clima semiárido, como o Nordeste, em que há escassez em determinados períodos do ano. Porém, é um método que deve ser incentivado e difundido em todo o território, dado o potencial pluviométrico do país, influenciado também pela grande quantidade de água

que é dispersa na atmosfera pela Floresta Amazônica, dando origem aos chamados “Rios Voadores”. Dessa forma, muito se contribui para a sustentabilidade que tanto se discute atualmente.

Sendo assim, neste trabalho estão descritos dados essenciais para a implementação de um sistema de uso de águas pluviais que podem servir de incentivo para pessoas físicas e jurídicas a implantarem o projeto e contribuírem para a expansão de práticas sustentáveis aliadas à economia e redução de consumo.

## 8 REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis** – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5626: **Instalações Prediais de Água Fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 8160: **Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 10844: **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

SERIACOP, R. **História em Movimento** – 1ª Edição – São Paulo: Ática, 2012.

FEITOSA FERNANDO, M. J., CPRM/UFPE, **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**, 2008.

International Association of Plumbing And Mechanical Officials (IAPMO). **Uniform Plumbing Code**, e-book, 2021.

UCKER, F. E., **Hidráulica**, Aula 4, **Sistemas elevatórios**, 2008.

<http://professor.pucgoias.edu.br/> <acesso 27/05/2021>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA)

<https://www.gov.br/ana/pt-br> <acesso 16/05/2021>

DANCOR

<http://www.dancor.com.br/dancor-site-novo/public/> <acesso 27/05/2021>

INSTITUTO TRATA BRASIL

<http://www.tratabrasil.org.br/> <acesso 16/05/2021>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

<https://portal.inmet.gov.br/> <acesso 16/05/2021>

ENGENHARIA DE RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE

<https://www.engeplas.com.br/> <acesso em 23/05/2021>

ACQUACONTROLL

<https://www.acquacontroll.com.br/> <acesso em 23/05/2021>

MAXUP SOLAR ENERGY

<https://maxupsolarenergy.com/> < acesso em 24/05/2021>

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/> <acesso 27/05/2021>

BRASIL, Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/26269814/publicacao/26269945> <acesso 16/05/2021>

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/551309> <acesso 16/05/2021 >

INMET. **Balço hídrico climatológico mensal**. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br> .< acesso 16/05/2021 >.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

LIMA, Ana Cássia Oliveira. RESSUREIÇÃO, Kássia Regina Franco. **Edificações com sistema de águas pluviais**: Um estudo de caso. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 06, pp. 134 -153 , novembro de 2018

THOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. Vol 01, 2010.

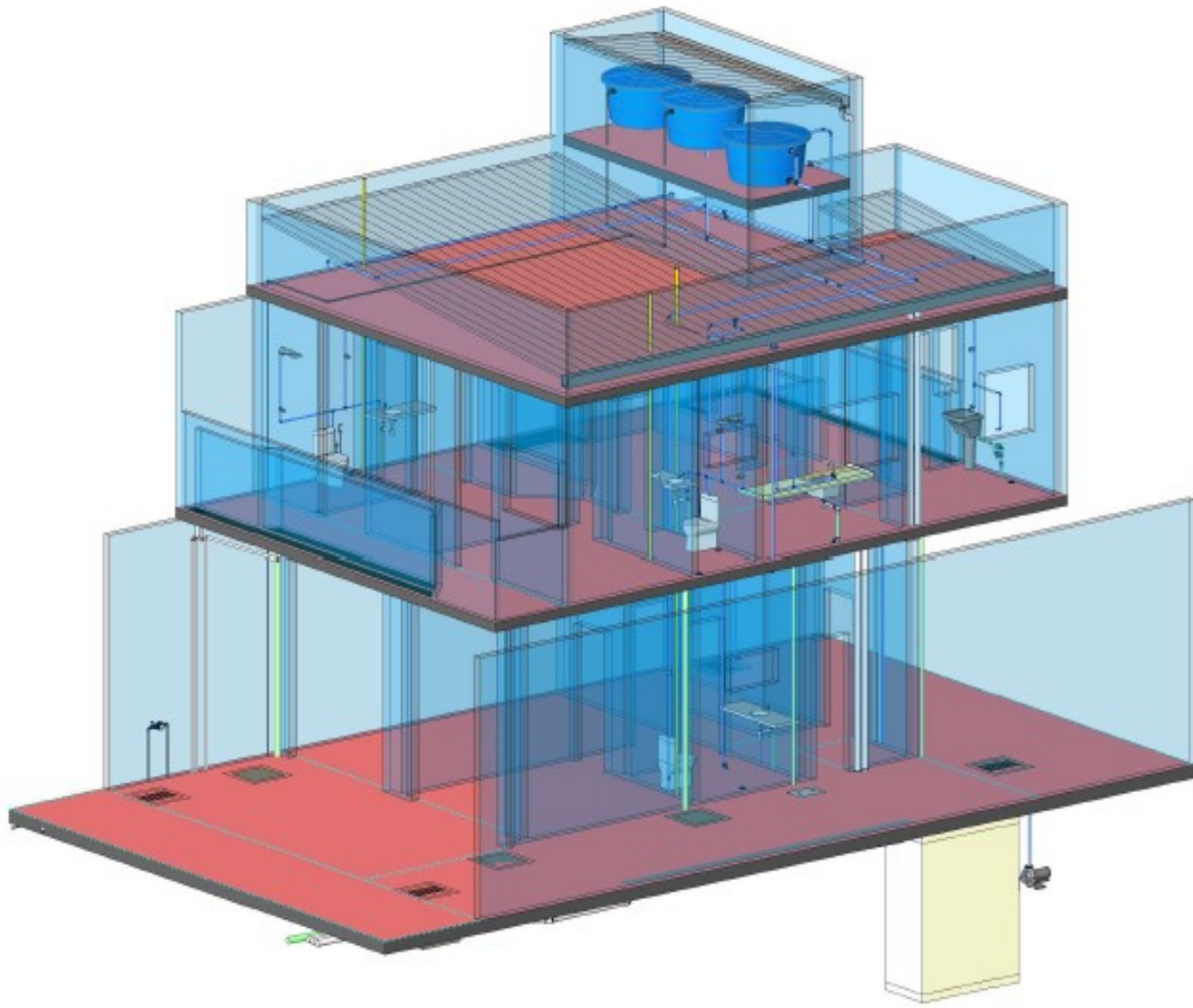
TOMAZ, PLINIO. Notas de aula na ABNT São Paulo em cursos de aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>>. <Acesso 24/05/2021>.

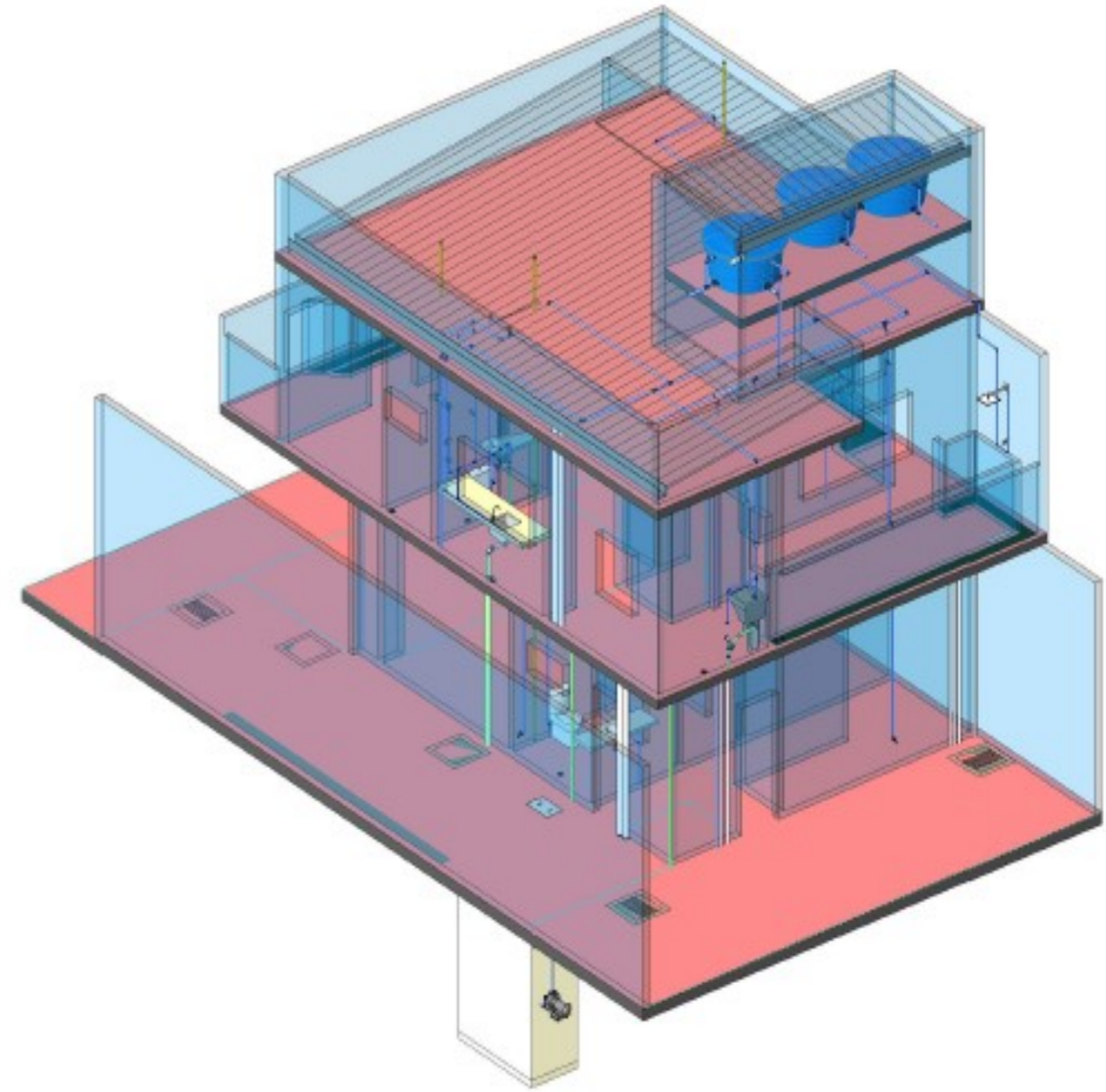
OLIVEIRA JUNIOR, Osvaldo Barbosa de. **Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitarias de volume de descarga reduzido com relação a remoção e transporte de solidos**. 2002. 281p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258022>>. < Acesso 24/05/2021>

UNESCO. **Gestão mais sustentável da água é urgente, diz relatório da ONU**. Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. < Acesso 25/05/2021>

**APÊNDICE A – Projeto arquitetônico**

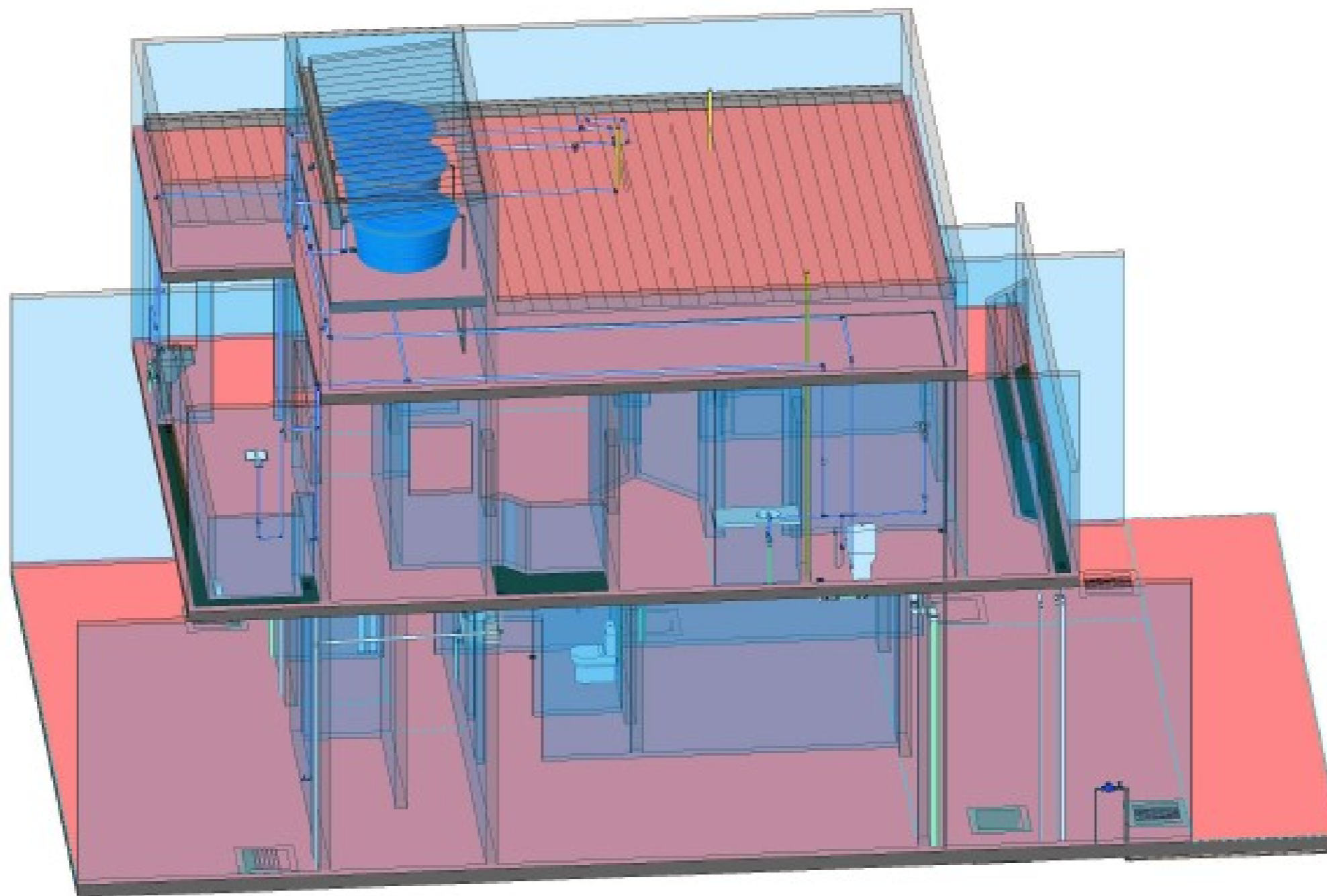


VISTA 3D – PERSPECTIVA 1



VISTA 3D - PERSPECTIVA 2



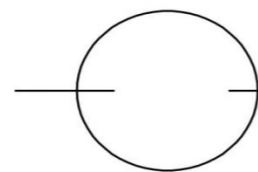
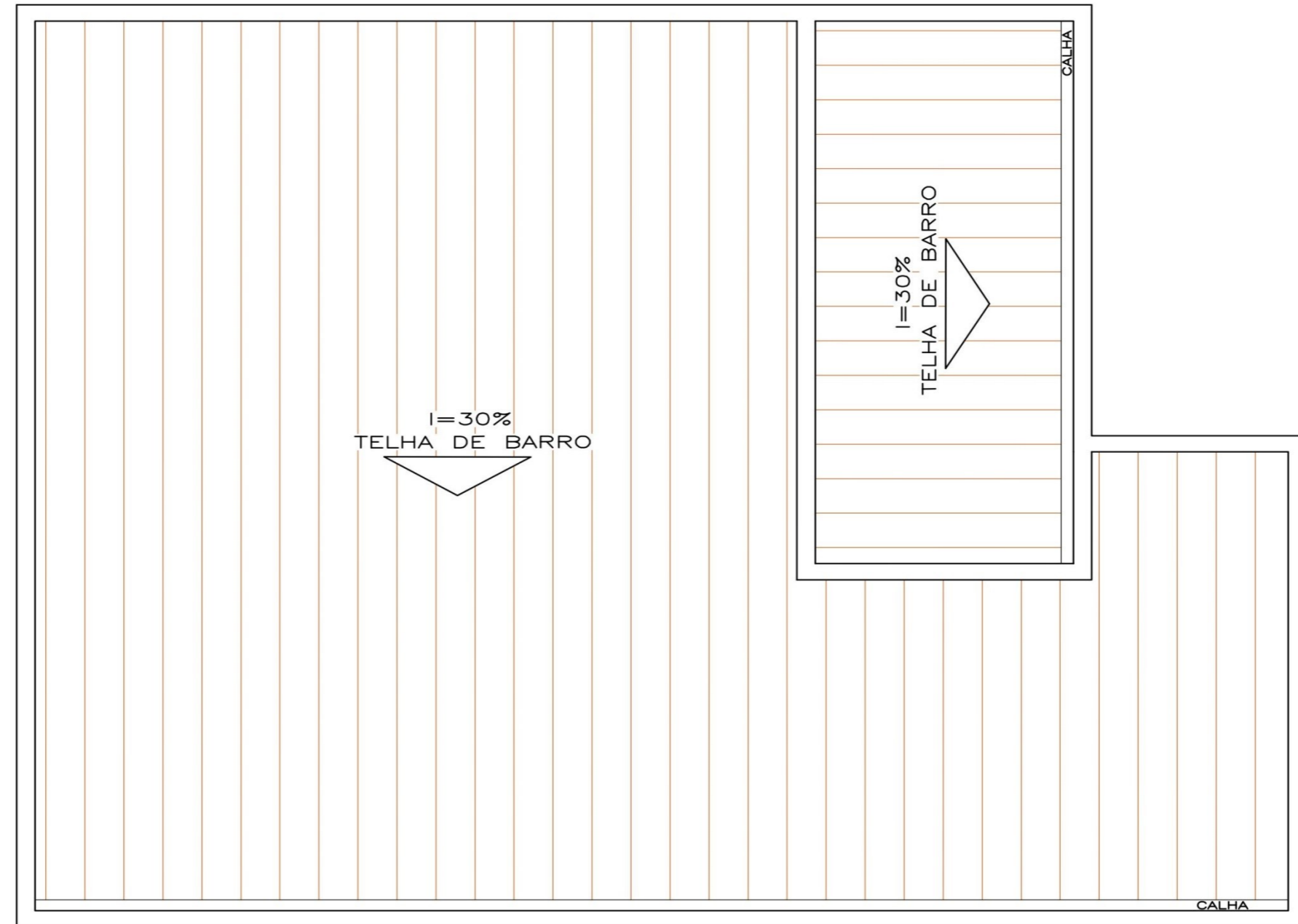


VISTA 3D – PERSPECTIVA 3





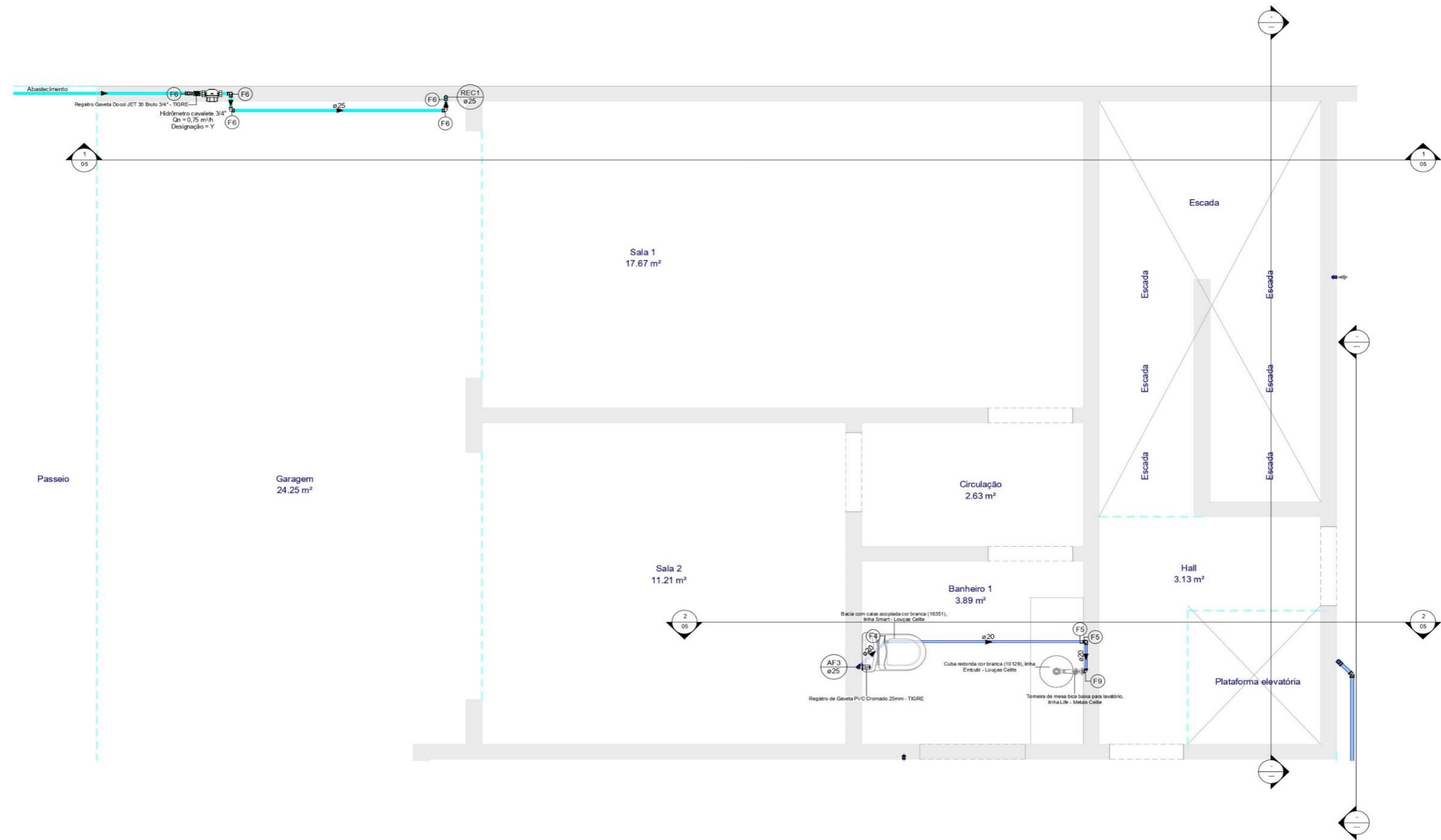
## PLANTA DE COBERTURA

**PLANTA DE COBERTURA**

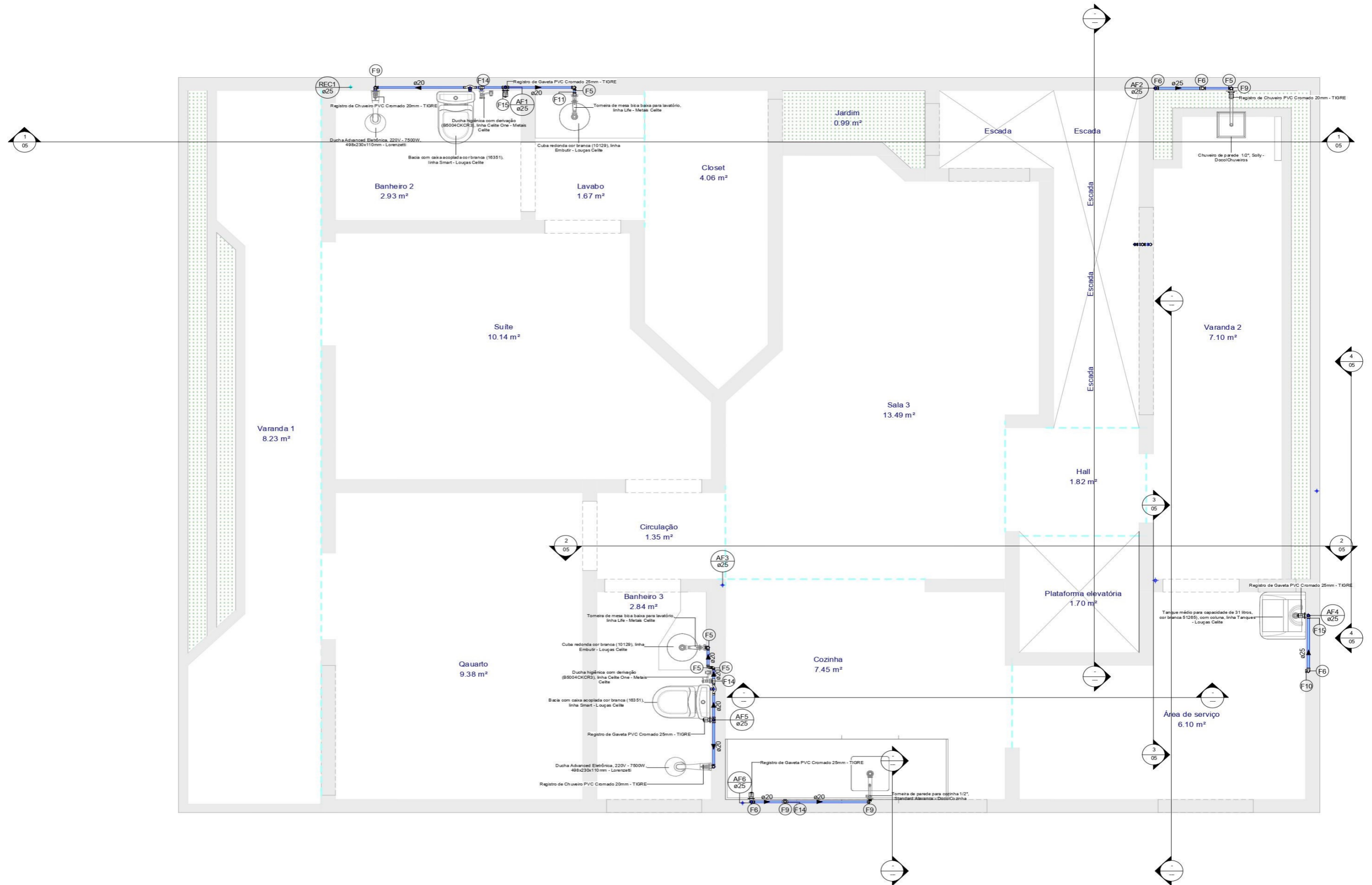
ESC. 1:50

**APÊNDICE B – Plantas com implantação do sistema**

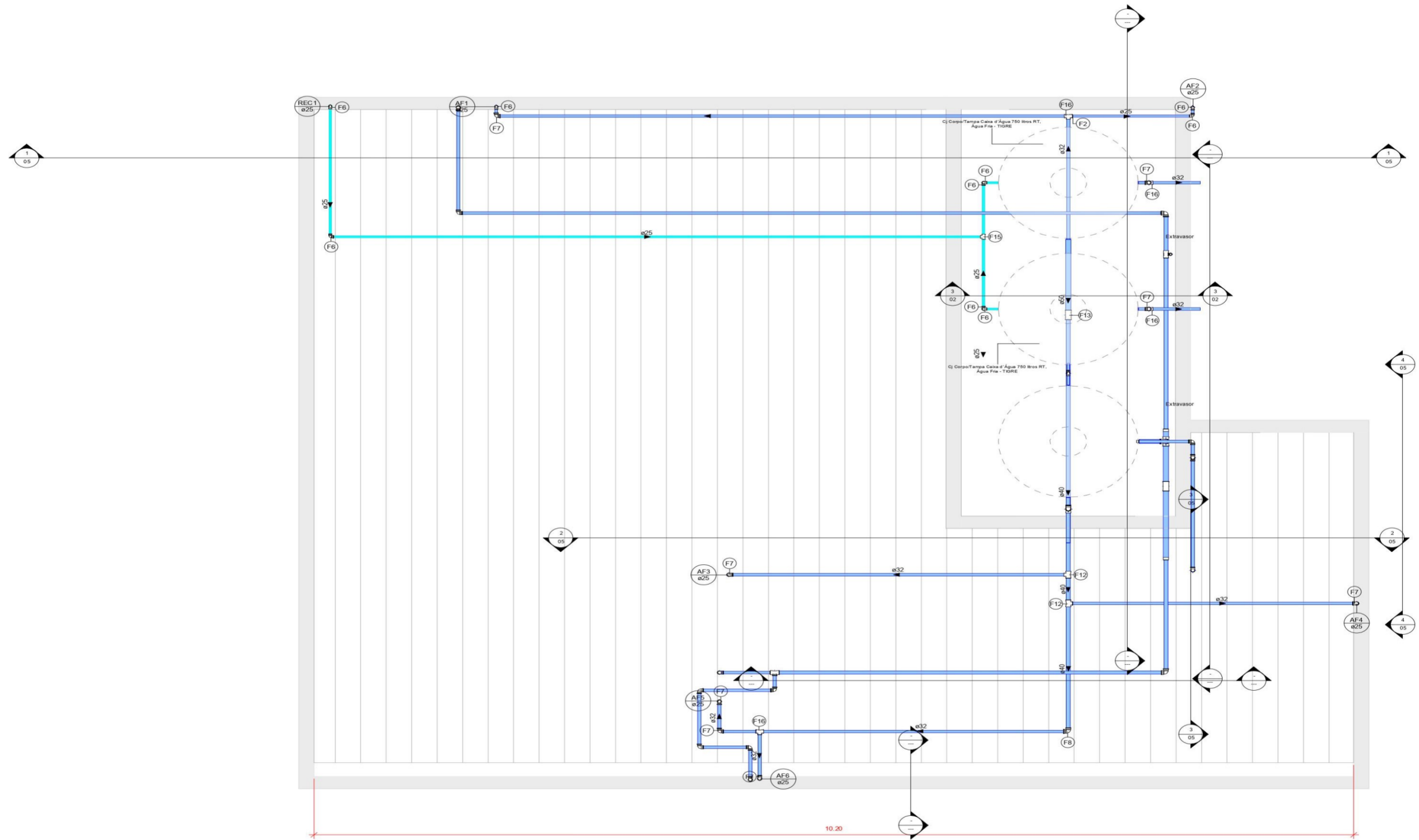
### PLANTA BAIXA INFERIOR



### PLANTA SUPERIOR ÁGUA PLUVIAL

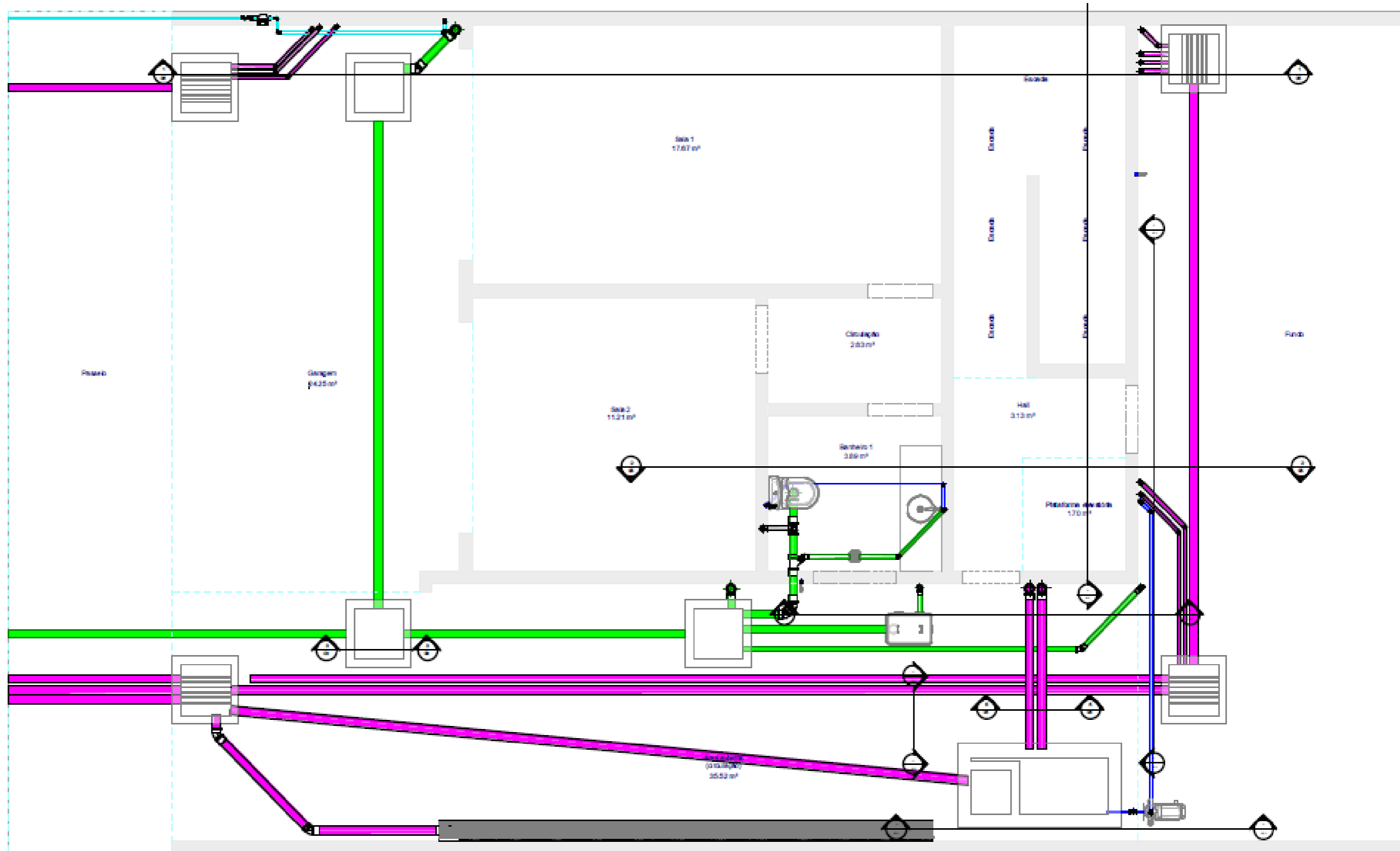


### PLANTA COBERTURA PLUVIAL

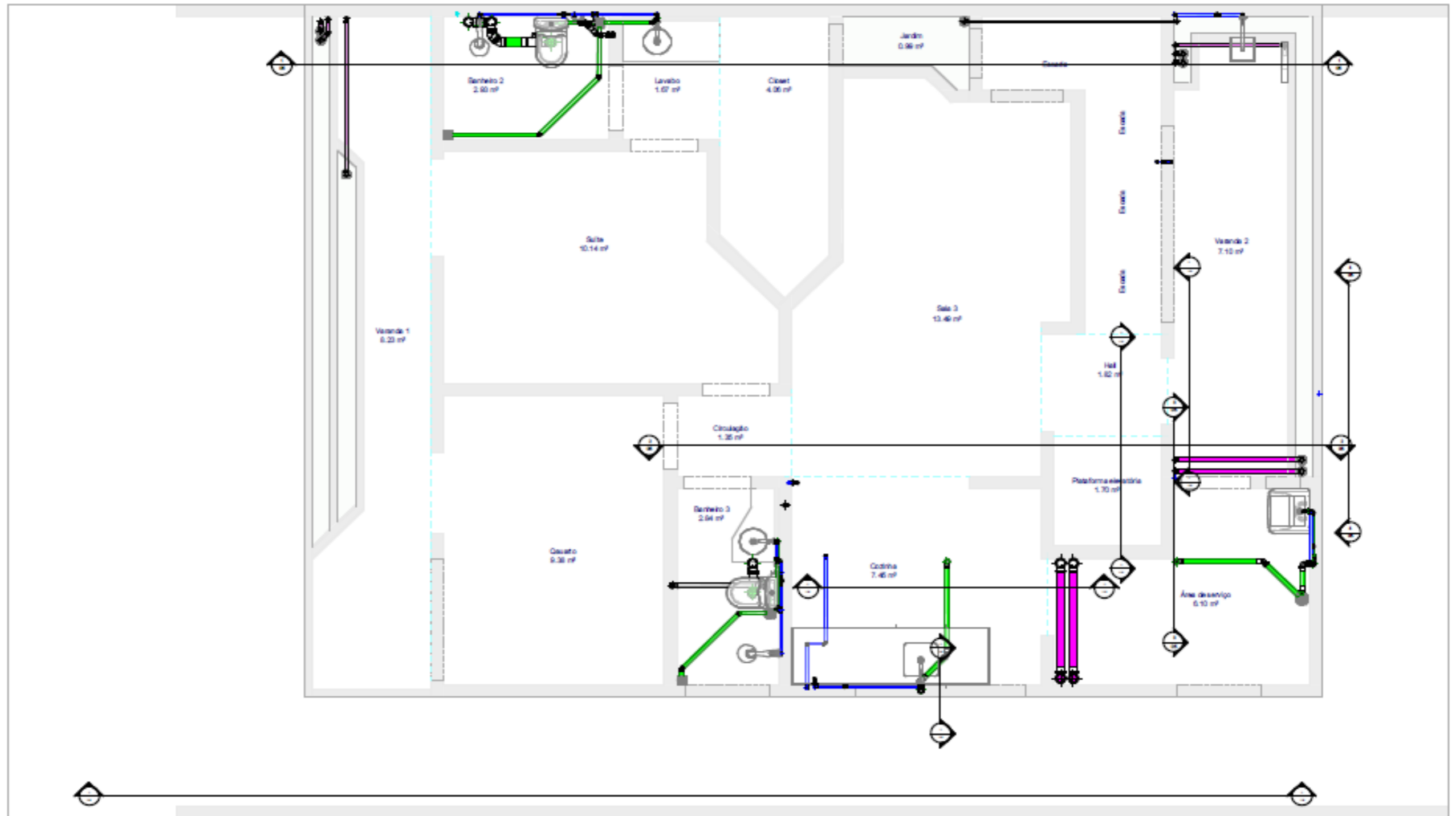




### PLANTA ESGOTO E PLUVIAL TÉRREO

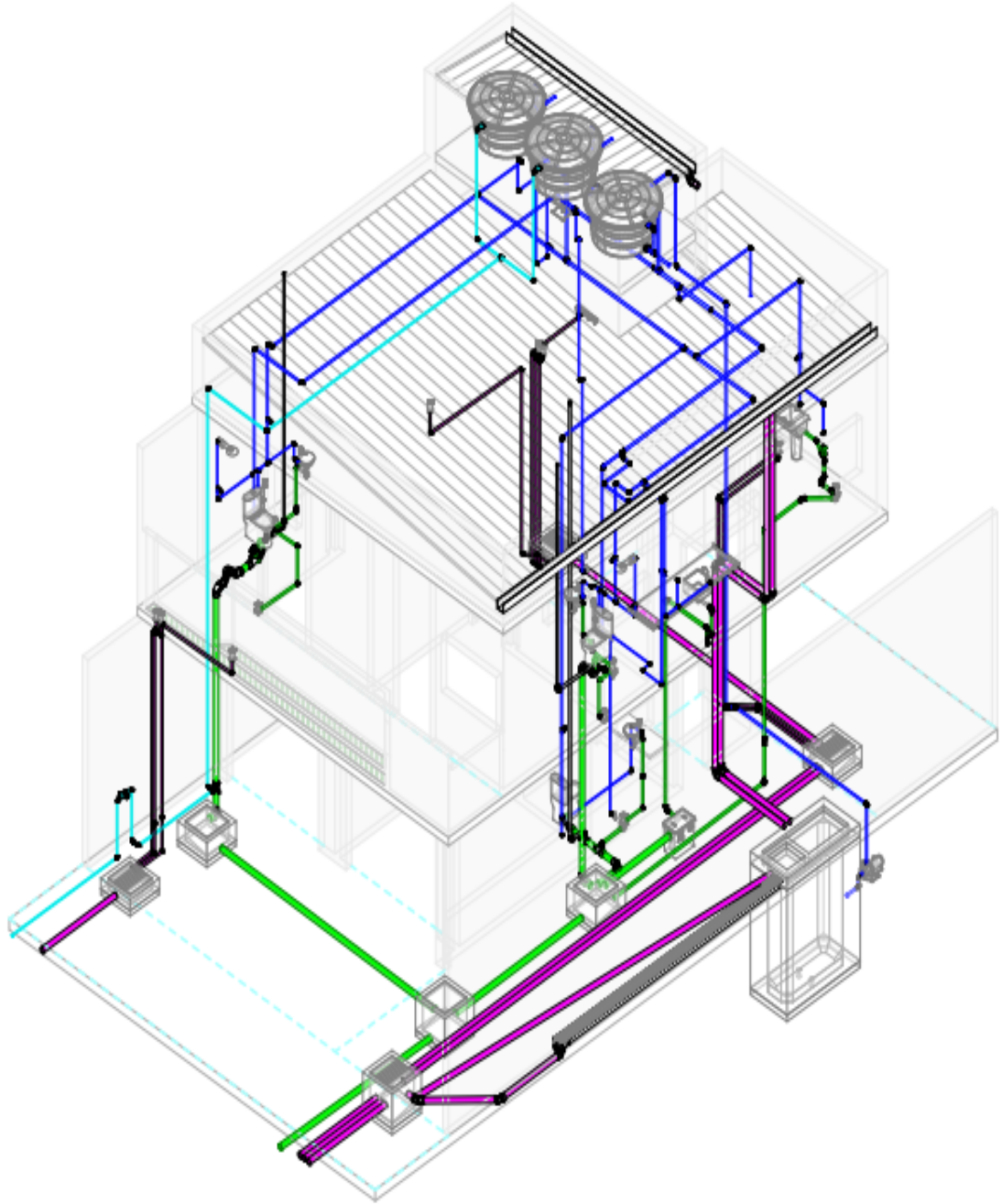


## PLANTA ESGOTO E PLUVIAL SUPERIOR

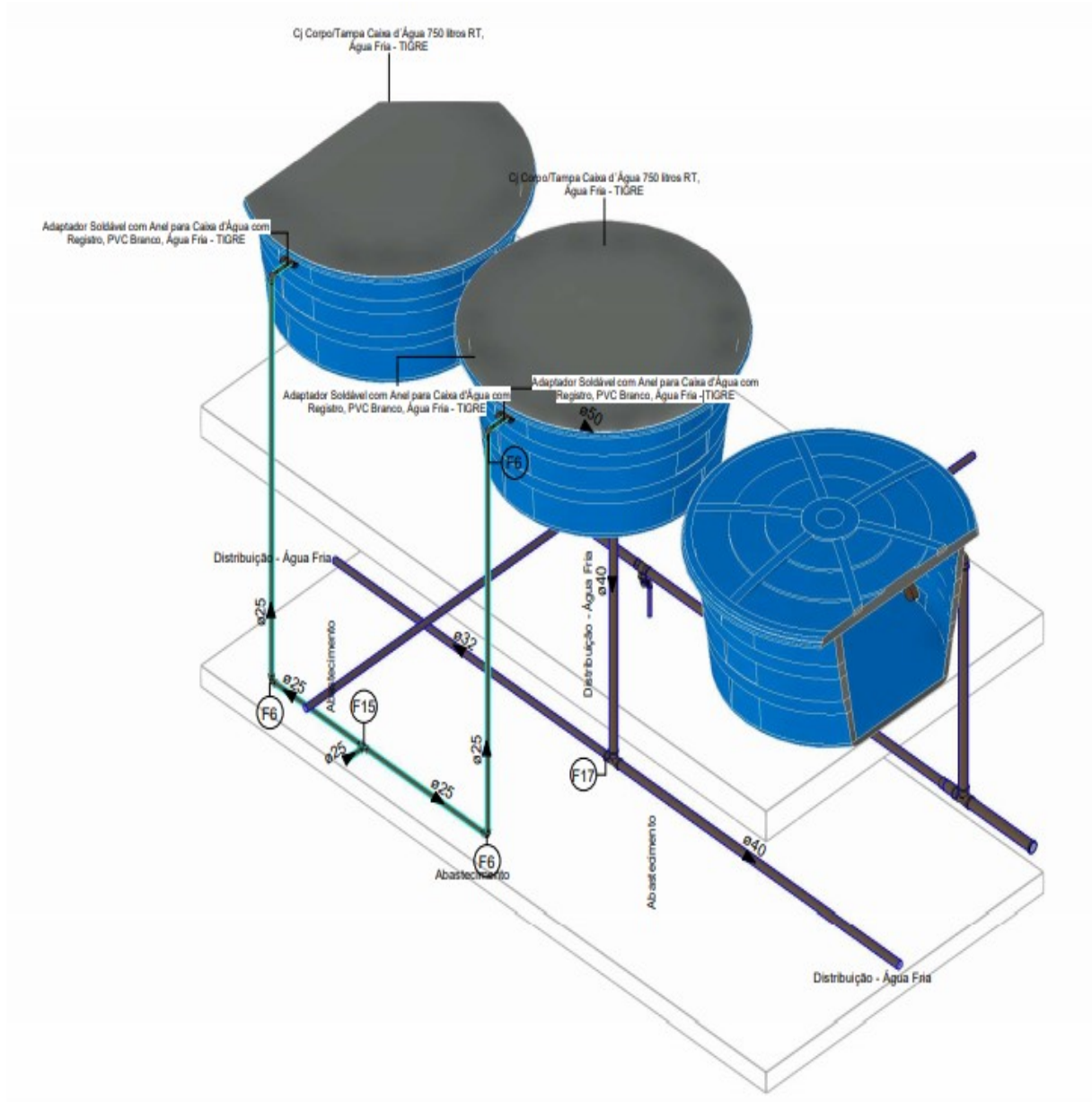


**APÊNDICE C – Isométricos do projeto**

# ISOMÉTRICO GERAL



## ISOMÉTRICO RESERVATÓRIOS





## ISOMÉTRICO ÁREA DE SERVIÇO

