

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

CHARLES ADOLFO TOMAZINI

**PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS
COM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARALELO DE ÁGUA
POTÁVEL PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**

Porto Alegre
Maio de 2021

CHARLES ADOLFO TOMAZINI

PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS
COM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARALELO DE ÁGUA
POTÁVEL PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Engenharia
Civil da Escola de Engenharia da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Juan Martín Bravo

Porto Alegre
Maio de 2021

CHARLES ADOLFO TOMAZINI

PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS
COM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PARALELO DE ÁGUA
POTÁVEL PARA UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Este trabalho de diplomação foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL em ENGENHARIA CIVIL e aprovado pela Banca Examinadora e, em sua forma final, pelo Professor Orientador.

Prof. Juan Martín Bravo
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gino Roberto Gehling
Dr. em Ingenieria Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

Profa. Maria Cristina de Almeida Silva
Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Prof. Juan Martín Bravo
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dedico esse trabalho aos meus pais por terem me acompanhado nesta jornada, sempre com muito carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Carlos Tomazini e Miria Tomazini, lutadores e guerreiros, que, com muito esforço e dedicação, conseguiram realizar os sonhos do seu filho, e também, com toda certeza, os seus, de ver seu filho graduado em Engenharia Civil. Por suas nobres estratégias, para nos proporcionar os estudos, devo grande parte de minhas realizações a eles. Sei que esta simples dedicatória é pouca para demonstrar toda minha gratidão, mas evidencia o quanto a eles é atribuída a minha formação pessoal e acadêmica. Muito obrigada, PAI e MÃE!

Agradeço igualmente à minha esposa, Carine Pagel, por todo o suporte e paciência durante os anos da minha graduação. Agradeço também a minha madrinha, Querli Barbosa e pessoas que sempre me apoiaram e me incentivaram à cátedra por incontáveis vezes, compartilhando seus conhecimentos de vida e ensino.

Merece também especial agradecimento, meu professor-orientador, Doutor Juan Martín Bravo, que, por sua persistência, orientação, incentivo e inspiração, tornou possível a conclusão deste trabalho.

Por fim, a todos os colegas e professores da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho.

Sem vocês nada disso seria possível!

RESUMO

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido um projeto hidrossanitário a fim de resolver um problema atual e iminente que é a escassez mundial de água através do reuso de águas cinzas. Para tanto, utilizou-se técnicas, normas e materiais brasileiros, com ênfase na NBR's 5626/2020, 8160/1999 e 13969/1997, assim como o Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre com o intuito de facilitar a execução dos profissionais responsáveis. Através dos procedimentos de cálculo disponíveis na documentação técnica supracitada, foram dimensionadas as instalações de abastecimento da concessionária, instalações sanitárias, sistema de coleta de águas cinzas, sistema de recalque e tratamento de águas cinzas, sistema de reservação de água de reuso tratada e sistema de distribuição das águas de reuso.

Para as instalações de abastecimento foram dimensionados dois reservatórios, um inferior e outro superior, cada um com capacidade de 6000L e 4000L de reservação, respectivamente. Enquanto para as instalações de reuso, foram dispostos dois reservatórios, um superior e outro inferior, com capacidade de 1000L de reservação cada. No que tange o sistema de tratamento das águas cinzas provenientes dos chuveiros de cada apartamento, foi utilizado um processo de tratamento composto por reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FAFA), ambos com capacidade de 1600L, Filtro de areia com capacidade de 2000L e flutuador de cloro. Além disso, buscou-se garantir a disponibilidade hídrica do sistema de reuso, ora insuficiente, através do emprego de um sistema de desvio de fluxo de água. Este sistema se dá através de válvulas solenoides para permitir a manobra automática do sistema de recalque da água fria para o reservatório superior de água de reuso tratada. Para a tubulação de coleta de águas cinzas, empregou-se um sistema de manobra que permite desviar a água excedente para o sistema de esgoto cloacal. O mesmo sistema permite que, em caso de manutenção da ETAC (estação de tratamento de águas cinzas) seja possível desviar as águas para a referida tubulação de esgoto. Também foram dimensionadas as bombas do sistema de recalque de água fria utilizando-se duas bombas de 1,5 CV e duas bombas de 3/4 CV para o sistema de recalque de água de reuso. Por fim, se dimensionou a tubulação de distribuição de água de reuso do edifício que abastece os vasos sanitários de cada banheiro.

ABSTRACT

In this course conclusion work, a hydrosanitary project was developed in order to solve a current and imminent problem that is the global water scarcity through the reuse of gray waters. For this purpose, Brazilian techniques, standards and materials were used, with emphasis on NBR's 5626/2020, 8160/1999 and 13969/1997, as well as Decree 9369/1988 of the Porto Alegre City Hall in order to facilitate the execution by the responsible professionals. Through the calculation procedures available in the aforementioned technical documentation, the concessionaire's supply systems, sanitary facilities, gray water collection system, gray water discharge and treatment system, treated water reservation system, and water distribution system were dimensioned.

For the supply facilities, two reservoirs were designed, one lower and one upper, each with a capacity of 6000L and 4000L of reserve, respectively. As for the reuse facilities, two reservoirs were placed, one upper and one lower, with a capacity of 1000L of reserve each. Regarding the gray water treatment system from the showers in each apartment, a treatment process consisting of an upward flow anaerobic reactor (RAFA), an upward flow anaerobic filter (FAFA), both with a capacity of 1600L, a sand filter with 2000L capacity and chlorine floating device. In addition, an attempt was made to ensure the water availability of the reuse system, which can be at times insufficient, through the use of a water flow diversion system. This system takes place through solenoid valves to allow automatic maneuvering of the cold water discharge system to the upper treated water reservoir. For the gray water collection pipe, a maneuvering system was used to allow the surplus water to be diverted to the sewage system. The same system allows that, in case of maintenance of the ETAC (gray water treatment plant), it is possible to divert the water to the said sewer pipe. The pumps of the cold water discharge system were also sized using two 1.5 HP pumps and two 3/4 HP pumps for the reuse water discharge system. Finally, the reuse water distribution pipes of the building which supplies treated water to the toilets of each bathroom, were dimensioned.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pavimento térreo.....	18
Figura 2 - Pavimento Tipo	19
Figura 3 - Último Pavimento	20
Figura 4 - Corte longitudinal do edifício.....	21
Figura 5 - Reservatório inferior.....	25
Figura 6 - Reservatório superior.....	25
Figura 7 - Ramal Predial e Alimentador Predial	27
Figura 8 - Curva do sistema e Curva da bomba (Trecho 1)	33
Figura 9 - Curva do sistema e Curva da bomba (Trecho 2)	35
Figura 10 - Tubulação de Esgoto da Cozinha e Lavanderia	42
Figura 11 - Tubulação de Esgoto Banheiro 2.....	42
Figura 12 - Tubulação de Esgoto Banheiro 1	43
Figura 13 - Subcoletores	47
Figura 14 - Coletor e Subcoletores Pav. Térreo.....	49
Figura 15 - Estação de Tratamento de Águas Cinzas.....	55
Figura 16 - Flutuador de Cloro (Fonte: HTH).....	67
Figura 17 - Sistema de reservação superior	68
Figura 18 - Válvula Solenoide (Fonte: Nascimetal)	69
Figura 19 - Chave boia (Fonte: Fame)	69
Figura 20 - Curva do sistema e curva da bomba de reuso.....	72
Figura 21 - Ábaco de diâmetros em função dos pesos e vazões	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perdas de carga localizadas	30
Tabela 2 - Determinação da curva do sistema água fria (Trecho 1).....	32
Tabela 3 - Comprimento equivalente das conexões de sucção	32
Tabela 4 - Comprimento equivalente das conexões de recalque (Trecho 1)	32
Tabela 5 - Determinação da curva do sistema água fria (Trecho 2).....	34
Tabela 6 - Comprimento equivalente das conexões de recalque (Trecho 2)	35
Tabela 7 - Acréscimo de potência do motor da bomba	36
Tabela 8 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários	40
Tabela 9 - Dimensionamento de ramais de esgoto	40
Tabela 10 - Dimensionamento dos ramais de descarga, esgoto e desconectores ...	40
Tabela 11 - Dimensionamento dos tubos de queda	44
Tabela 12 - Dimensionamento dos Tubos de Queda	45
Tabela 13 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial.....	45
Tabela 14 - Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas 2º Pav.	48
Tabela 15 - Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas – Pav. Térreo.....	48
Tabela 16 - Coletor de esgoto cloacal.....	48
Tabela 17 - Dimensionamento da Caixa de Gordura	50
Tabela 18 - Dimensionamento dos ramais de ventilação	51
Tabela 19 - Dimensionamento dos ramais de ventilação	51
Tabela 20 - Dimensionamento das colunas de ventilação	53
Tabela 21 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação	54
Tabela 22 - Características das águas cinzas originadas de várias fontes	57
Tabela 23 - Limites estabelecidos para reuso em descarga de vasos sanitários.....	57
Tabela 24 - Resultados qualitativos coleta de águas cinzas em chuveiros	58
Tabela 25 - Vantagens e desvantagens dos processos biológicos	59
Tabela 26 - Eficiências típicas de remoção de poluentes por processos biológicos .	60
Tabela 27 - Consumo médio diário por aparelho e por morador	61
Tabela 28 - Tempo de Detenção Hidráulica	63
Tabela 29 - Determinação da curva do sistema água de reuso	70
Tabela 30 - Comprimento equivalente das conexões de sucção de reuso	71
Tabela 31 - Comprimento equivalente das conexões de recalque de reuso.....	71

Tabela 32 - Passos para dimensionamento da rede de distribuição de água	75
Tabela 33 - Pesos relativos nos pontos de utilização.....	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MÉTODO DE TRABALHO	15
2.1	OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.1.1	Objetivo Principal	15
2.1.2	Objetivo Secundário	15
2.1.3	Delimitações	15
2.1.4	Limitações	16
2.2	METODOLOGIA	16
2.2.1	Definição da geometria do edifício	16
2.2.2	Definição da geometria das tubulações	16
2.2.3	Cálculo das tubulações	16
2.2.4	Detalhamento	17
3	APRESENTAÇÃO DA ARQUITETURA	18
3.1	PAVIMENTO TÉRREO	18
3.2	PAVIMENTOS TIPO	19
3.3	ÚLTIMO PAVIMENTO	20
3.4	CORTE LONGITUDINAL	21
4	PROJETO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA	22
4.1	CÁLCULO DA POPULAÇÃO	22
4.2	CÁLCULO DO CONSUMO DIÁRIO	23
4.3	DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS	24
4.4	DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E ALIMENTADOR PREDIAL	26
4.5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE	28
4.5.1	Tubulação de recalque	28
4.5.2	Tubulação de sucção	29
4.5.3	Dimensionamento das bombas de recalque	29

5	INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO E COLETA DE ÁGUAS CINZAS	38
5.1	SISTEMA DE ESGOTO	38
5.1.1	Dimensionamento dos desconectores e ramais de descarga e esgoto	38
5.1.2	Dimensionamento dos tubos de queda	43
5.1.3	Dimensionamento dos tubos subcoletores e coletores predial	45
5.1.4	Dimensionamento das caixas de inspeção e gordura	50
5.2	SISTEMA DE VENTILAÇÃO	50
5.2.1	Dimensionamento dos ramais de ventilação	50
5.2.2	Dimensionamento da coluna de ventilação	52
6	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS	55
6.1	DISPOSITIVOS DE MANOBRA	55
6.2	CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE PROVENIENTE DOS CHUVEIROS	56
6.3	SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO	58
6.4	CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA CINZA DISPONÍVEL	61
6.5	DIMENSIONAMENTO DO REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE	62
6.6	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE	64
6.7	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TOTAL DO SISTEMA DE TRATAMENTO	65
6.8	DIMENSIONAMENTO DO FILTRO DE AREIA E CARVÃO	66
6.9	PROCESSO DE DESINFECÇÃO	66
7	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA REUSO	68
7.1	DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS	69
7.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE	69
7.2.1	Dimensionamento da tubulação de recalque	69
7.2.2	Dimensionamento da tubulação de sucção	70
7.2.3	Dimensionamento das bombas de recalque	70
7.3	DIMENSIONAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REUSO	73
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

9 REFERÊNCIAS	78
10 APÊNDICE A – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO	80
11 APÊNDICE B – PLANTAS E DETALHAMENTOS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Com o avançar da tecnologia a complexidade dos edifícios residenciais, bem como os ideais de vida da população, passou a se modificar. Além do conforto e evitar gastos desnecessários, a população visa também uma escolha ecologicamente correta onde os recursos naturais, muitas vezes escassos, sejam aproveitados ao máximo. Diante deste novo cenário, a engenharia necessita se adaptar as novas necessidades e acompanhar o avanço da sociedade.

Um dos recursos naturais mais utilizados no planeta e essencial para a vida humana é a água. Conforme assevera Bazzarella (2005, p. 25), o consumo de água aumentou em 6 vezes nos 100 últimos anos e apenas 1/3 da humanidade reside em locais com disponibilidade de água limpa.

Assim, a fim de realizar o uso racional da água, é necessário que seja elaborado um projeto hidrossanitário eficiente, no qual deverão ser estudados todos os métodos que possam suprir as necessidades da população.

O reuso da água é uma das soluções utilizadas em projetos hidrossanitários. Fiori et al. (2006, p.21) transcorrem em seu artigo que: “O reuso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando todas as diretrizes a serem analisadas, ou seja, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal.”.

Na maioria das casas e edifícios, a totalidade da água utilizada para tarefas diárias, tais como lavagem de roupas, uso de água para pias de banheiro e até chuveiros, é descartada diretamente para o esgoto. Este tipo de efluente é chamado de água cinza, que diferentemente da água negra proveniente do uso em vasos sanitários, aquela pode ser reaproveitada após ser tratada e direcionada para reuso em vasos sanitários, lavagem de pátios, lavagem de veículos e irrigação de jardins. De acordo com Fiori et al. (2006, p.21) “A grande vantagem da utilização da água de reuso é a de preservar a água potável, reservando-a exclusivamente para o atendimento das necessidades que exijam a sua potabilidade para o abastecimento humano.”

Para um correto funcionamento do sistema de reuso em uma edificação se faz necessário considerar diversos parâmetros no projeto a ser concebido. Dentre outros fatores deve ser analisado o destino que será dado a distribuição das águas de reuso

já tratadas, a qualidade da água a ser tratada, a vazão de água cinza e a quantidade de água de reuso tratada a ser reservada. Em situações em que a água de reuso tratada se destina a utilização em aparelhos essenciais para o cotidiano, como descargas em vasos sanitários, é imprescindível que exista água de reuso tratada com reserva suficiente para suprir essa demanda. Isto gera a necessidade de projetar um sistema de abastecimento com água potável paralelo ao sistema de tratamento de água cinza.

Através dos cálculos da população do edifício concluiu-se que a população estimada para o edifício é de 49 pessoas. Assim, juntamente com um estudo realizado por Barreto (2008), verificou-se que a oferta aproximada de 35,3 L/hab.dia de águas cinzas provenientes dos dois chuveiros de cada apartamento são suficientes para abastecimento das duas bacias sanitárias que compõe cada apartamento da edificação, cujos consumos de água de reuso esperados são de 14,0 L/hab.dia.

Dessa forma, com este trabalho de conclusão de curso buscou-se realizar um projeto hidrossanitário de reuso das águas cinzas provenientes dos chuveiros para abastecimento das bacias sanitárias de cada apartamento aliado a um sistema de abastecimento paralelo de água potável para um edifício residencial.

2 MÉTODO DE TRABALHO

Para elaboração do presente trabalho definiram-se as seguintes diretrizes de projeto.

2.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos deste trabalho classificam-se em principal e secundário e são apresentados nos itens a seguir.

2.1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho foi realizar um projeto hidrossanitário de reuso de águas cinzas com sistema de abastecimento paralelo de água potável para um edifício residencial.

2.1.2 Objetivo Secundário

O objetivo secundário deste trabalho foi elaborar um memorial descritivo de dimensionamento do projeto e um detalhamento gráfico das instalações projetadas.

2.1.3 Delimitações

O trabalho em análise trata-se de um projeto hidrossanitário de reuso de águas cinzas com sistema de abastecimento paralelo de água potável para um edifício residencial hipotético, cuja construção se localizaria na cidade de Porto Alegre/RS. Para tal, foram determinadas algumas delimitações conforme segue:

- Todos os apartamentos do edifício possuem demandas de água idênticas.
- Para fins de dimensionamento do projeto sanitário, foi considerada a existência de um sistema separador total de esgoto com coletor público no local.
- Somente os vasos sanitários de cada apartamento são abastecidos com água de reuso.
- Se dimensionou o sistema de distribuição de águas cinzas tratadas apenas para os vasos sanitários de cada apartamento.

- O volume de água cinza a ser tratada será igual ao volume de água gerado pelos chuveiros de cada apartamento.

2.1.4 Limitações

O trabalho limitou-se a projetar as instalações de abastecimento da concessionária, instalações sanitárias de cada apartamento, sistema de coleta de águas cinzas, sistema de recalque e tratamento de águas cinzas, sistema de reservação de água de reuso tratada e sistema de distribuição das águas de reuso, não contemplando as instalações de distribuição de água fria.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para elaboração deste trabalho seguiu a ordem a seguir.

2.2.1 Definição da geometria do edifício

Nesta etapa foi definida a geometria do edifício, que compõem o número de quartos, banheiros, cozinhas, áreas de serviço e demais dependências de cada apartamento.

2.2.2 Definição da geometria das tubulações

Com base na geometria definida no item 2.2.1, foi elaborado o traçado das tubulações, para conhecimento dos comprimentos de cada trecho de tubulação, bem como todas as conexões, válvulas e peças especiais que compõem o sistema.

2.2.3 Cálculo das tubulações

Através da geometria concebida no item 2.2.2, foram extraídos valores como comprimentos das tubulações, número de conexões e diferenças de altura entre os trechos tratando-os com os cálculos sugeridos pelas normas que regem o assunto.

2.2.4 Detalhamento

Todo o projeto foi detalhado, com base nos valores obtidos no item 2.2.3, a fim de obter um ótimo entendimento gráfico para correta implantação *in loco*.

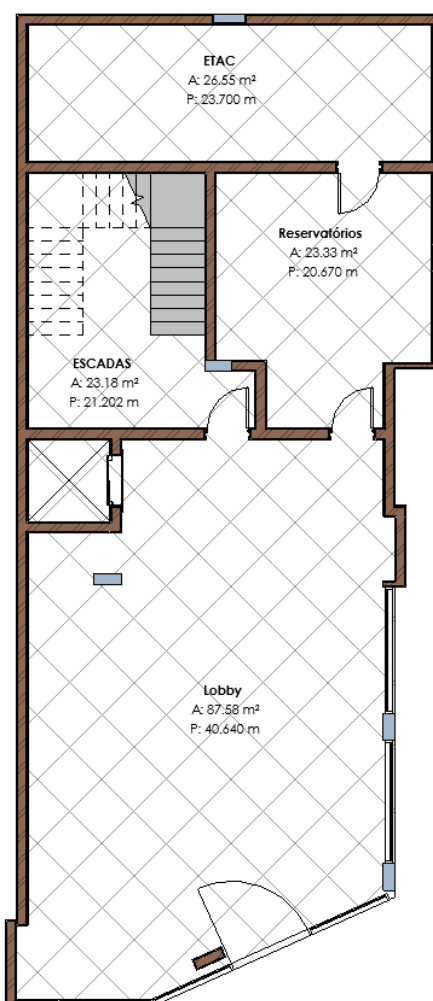
3 APRESENTAÇÃO DA ARQUITETURA

O edifício, de autoria do próprio autor, utilizado para elaboração deste projeto é composto por nove pavimentos, sendo um pavimento térreo, sete pavimentos tipo e uma cobertura, totalizando 1328,13 m² de área construída e foi concebido exclusivamente para realização deste trabalho não se baseando em edifício existente.

3.1 PAVIMENTO TÉRREO

O pavimento térreo tem sua distribuição dada por um lobby de entrada, acesso ao elevador, acessos as escadas de emergência, acesso aos reservatórios e acesso a ETAC (estação de tratamento de águas cinzas), o qual é demonstrado pela Figura 1.

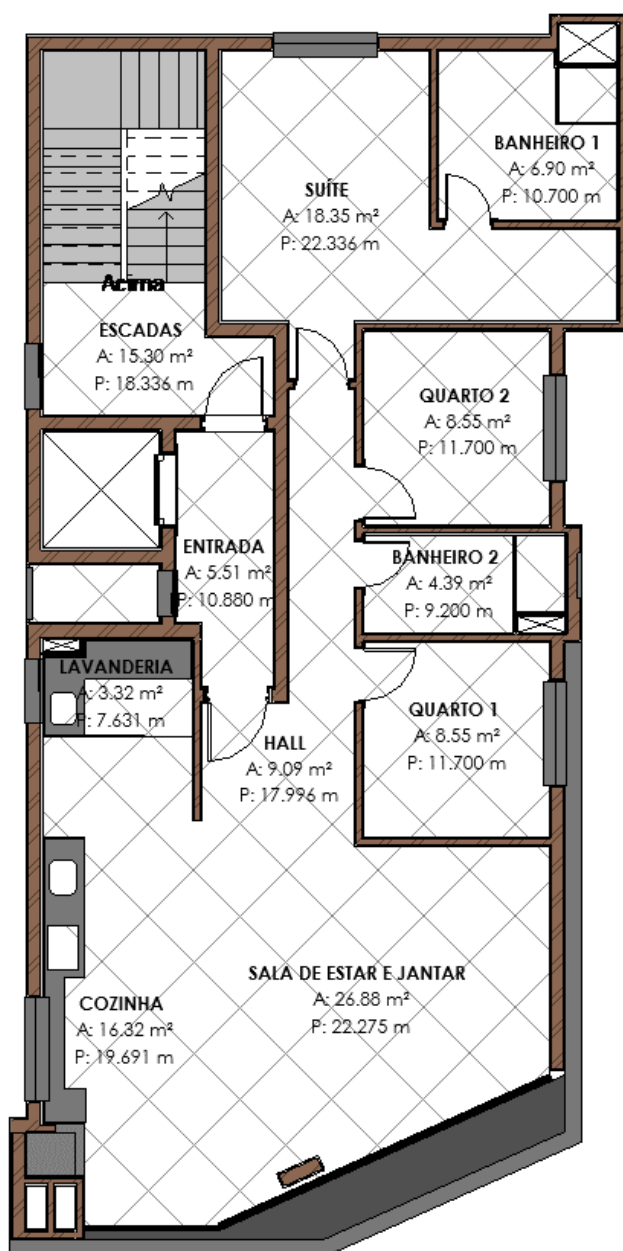
Figura 1 - Pavimento térreo



3.2 PAVIMENTOS TIPO

Os pavimentos tipo são configurados de maneira a possuir um apartamento por andar com 116,46 m², sendo que cada apartamento possui uma cozinha, uma lavanderia, um hall de entrada, uma sala de estar, uma sala de jantar, um corredor, 2 quartos, uma suíte e dois banheiros, conforme Figura 2.

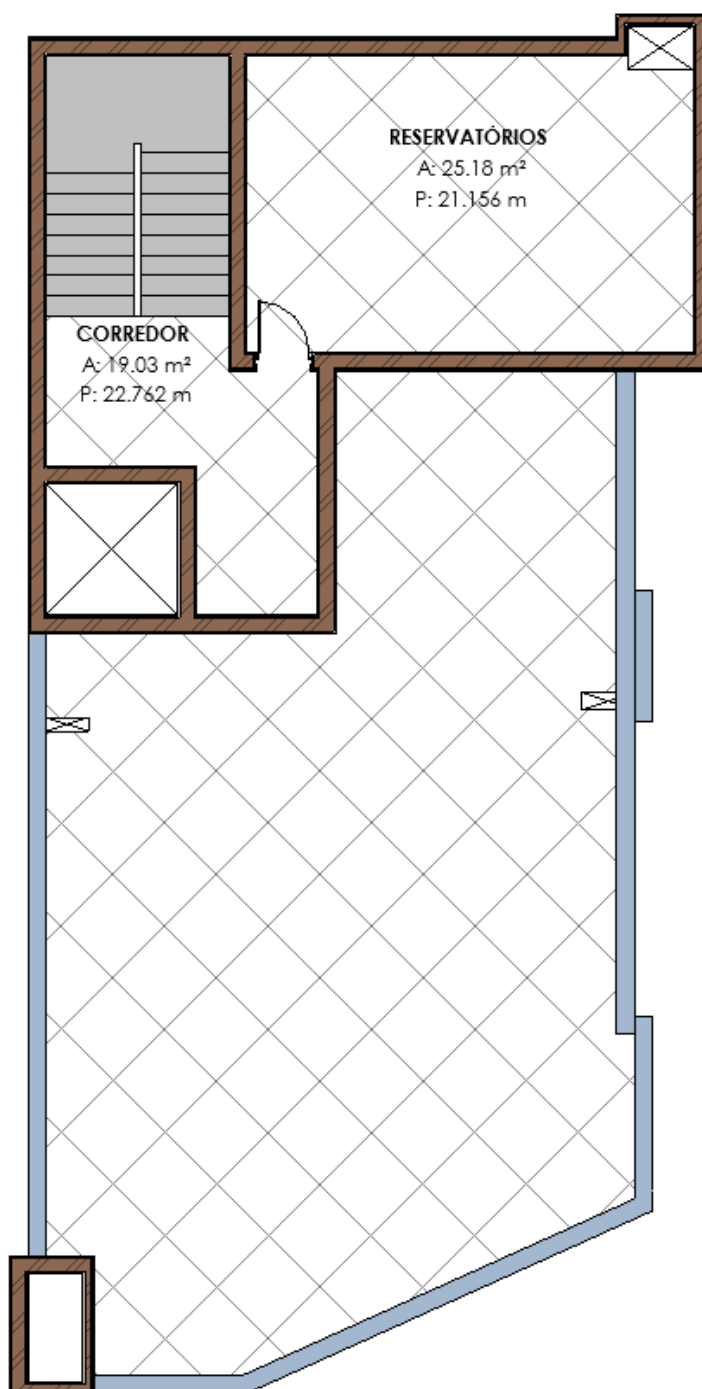
Figura 2 - Pavimento Tipo



3.3 ÚLTIMO PAVIMENTO

O último pavimento é composto pela cobertura onde se encontra o compartimento dos reservatórios superiores de água, como pode ser analisado pela Figura 3.

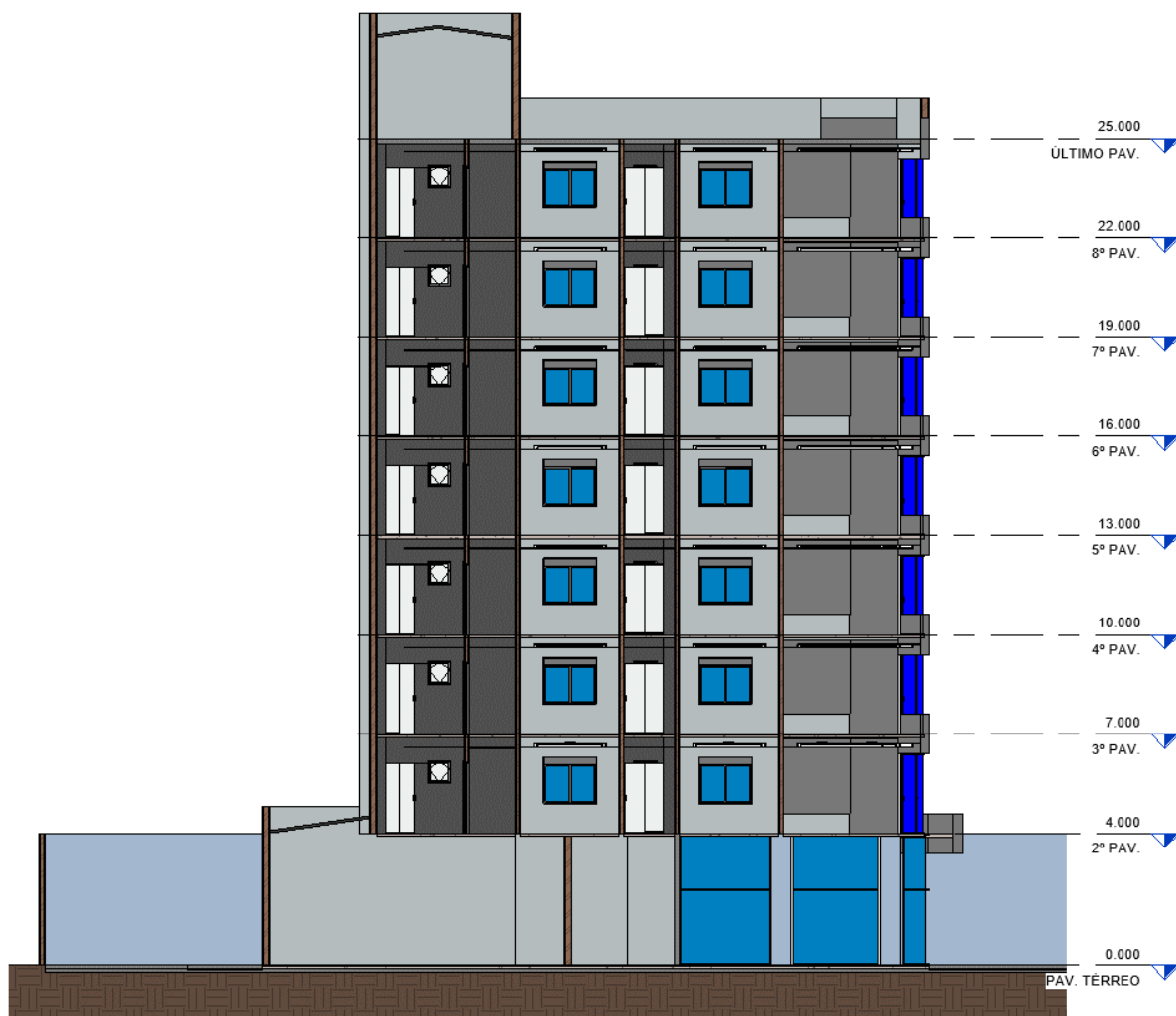
Figura 3 - Último Pavimento



3.4 CORTE LONGITUDINAL

A Figura 4 mostra um corte longitudinal do edifício onde é possível observar os diversos pavimentos que o compõem.

Figura 4 - Corte longitudinal do edifício



4 PROJETO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA

De acordo com o exposto no item 2.1.4, o projeto aborda o sistema de abastecimento de água fria, abrangendo o cálculo do ramal e alimentador predial bem como do sistema de reservação e recalque, conforme será visto nos itens a seguir.

Os projetos detalhados podem ser vistos no Apêndice B.

4.1 CÁLCULO DA POPULAÇÃO

A fim de determinar o consumo diário necessário para atender a demanda de água do edifício e possibilitar o dimensionamento do sistema de abastecimento é preciso primeiramente obter o número de pessoas que serão atendidas no edifício.

O art. 44 do Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre dispõe sobre os valores mínimos a serem adotados para fins de cálculo da população, conforme pode ser verificado, *in verbis*:

Art. 44 Os valores mínimos para o cálculo da população serão estimados da seguinte forma:

Apartamentos e residências:

a) dormitório de até 12m² - 02 pessoas

b) dormitório com mais de 12m² - 03 pessoas

Cinemas, teatros e templos:

Cada 0,7m² de área - 01 lugar

Escritórios:

Cada 7m² - 01 pessoa

Banco:

Cada 5m² - 01 pessoa

Restaurante:

Cada 1,5m² - 01 pessoa

Sala de hotéis:

Cada 5,5m² - 01 pessoa

Museus e bibliotecas:

Cada 5,5m² - 01 pessoa

Como pode ser visto na Figura 2, cada apartamento do edifício possui uma suíte com área de 18,35 m² e dois dormitórios com área de 8,55 m². Portanto, para cálculo da população total, utiliza-se a seguinte fórmula.

$$Np = (3 * NDs + 2 * NDe) * Naptos * Npav \quad (1)$$

Onde:

N_p = número de pessoas a serem atendidas;

N_Ds = número de dormitórios com área maior de 12m²;

N_{De} = número de dormitórios com área menor ou igual a 12m²;

N_{ptos} = número de apartamentos iguais por pavimento;

N_{pav} = número de pavimentos

Aplicando para o caso aqui exposto temos que:

$$N_p = (3 * 1 + 2 * 2) * 1 * 7 = 49 \text{ pessoas}$$

Dessa maneira, podemos concluir que a população total do edifício em estudo será de 49 pessoas.

4.2 CÁLCULO DO CONSUMO DIÁRIO

Com o intuito de viabilizar o dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água fria é fundamental que se tenha conhecimento da demanda de água que o edifício terá ao longo de um dia. Visando padronizar essa demanda, o art. 43 do Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre trata que o consumo para apartamentos e residências é de 200 L/dia.pessoa. Deste modo, o consumo diário deste projeto é dado por:

$$CD = C * NP \quad (2)$$

Onde:

CD = consumo diário (L/dia)

C = consumo diário *per capita* (L/dia.pessoa)

NP = número de pessoas a serem atendidas

Aplicando os valores encontrados em 4.1, temos que:

$$CD = 200 \text{ (L/dia)} * 49 = 9800 \text{ L/dia}$$

Para fins de cálculo, o consumo diário adotado foi de 10.000 L/dia.

4.3 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

O reservatório de água fria foi dimensionado levando-se em consideração o consumo diário previsto para o edifício, conforme calculado em 4.2. De acordo com o art. 23, parágrafo 1º do Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre: “O volume deve corresponder a 1 CD. No reservatório inferior pode variar de 40 a 60% do CD e o superior deve complementar o volume até 1 CD.”.

Considerando que o CD diário calculado em 4.2 é de 10.000 L/dia, adotou-se um volume de reservação de 1 CD, ou seja:

$$V_r = 1 * CD = 10m^3 \quad (3)$$

Onde:

V_r = Volume de reservação (m^3)

Após análise do Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre verifica-se que a utilização de reservatório inferior e superior e a instalação de bombas de recalque na edificação são obrigatórios se a edificação ultrapassar quatro pavimentos. Assim, foi dimensionado um reservatório inferior e um reservatório superior respeitando a relação de 40% (4000L) da reservação no reservatório superior e 60% (6000L) da reservação no reservatório inferior. Ambos os reservatórios são divididos em dois compartimentos para possibilitar a limpeza sem que haja interrupção do fornecimento hídrico para o consumo do edifício.

Ainda, foram previstos os acessórios obrigatórios em ambos os reservatórios, conforme segue:

- a) tampa de inspeção;
- b) canalização extravasora;
- c) canalização de aviso;
- d) canalização de expurgo;
- e) canalização de ventilação.
- f) chave de boia no reservatório superior.

O reservatório inferior e superior bem como todos os acessórios estão detalhados na Figura 5 e Figura 6, respectivamente.

Figura 5 - Reservatório inferior

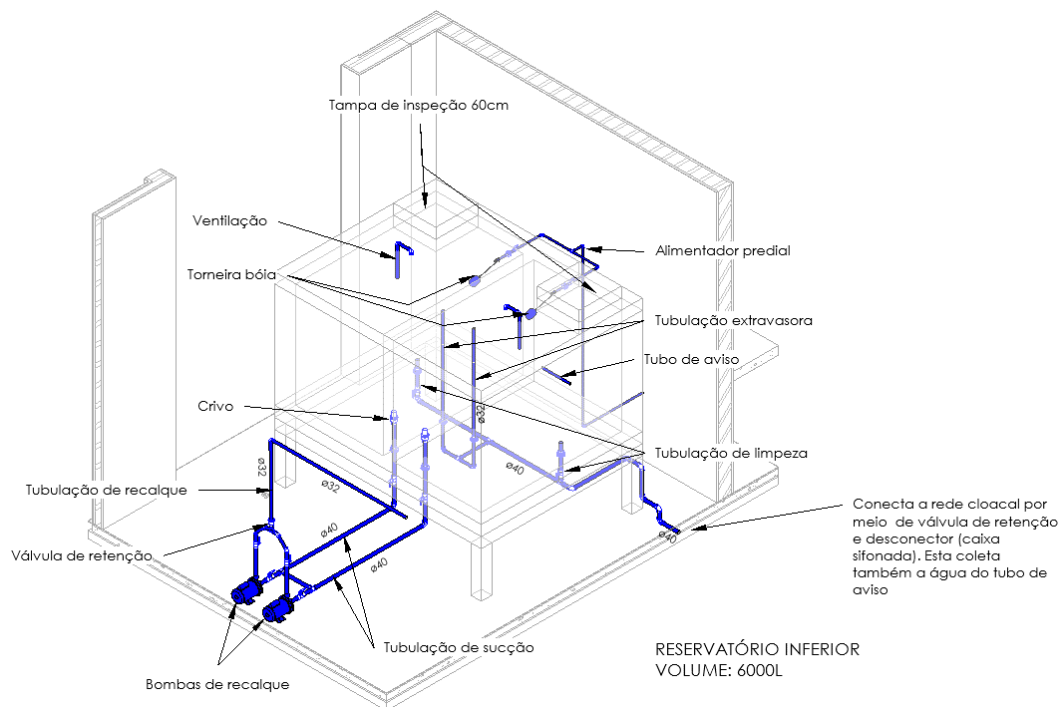
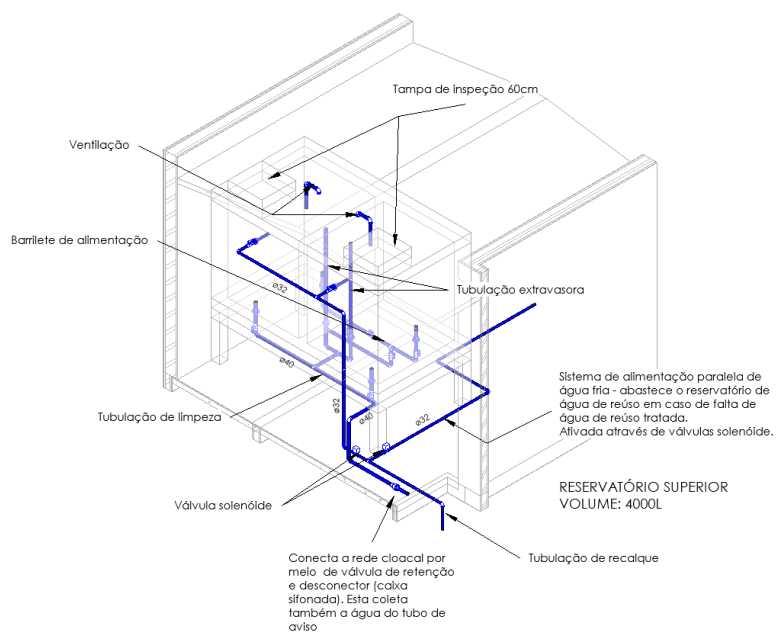


Figura 6 - Reservatório superior



4.4 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E ALIMENTADOR PREDIAL

O ramal predial do edifício, que fica compreendido entre a rede pública de abastecimento e hidrômetro é dimensionado a partir das seguintes fórmulas:

$$Q = \sum CD/86400 \quad (4)$$

Onde:

Q = Vazão (L/s)

CD = Consumo diário (L/dia)

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad (5)$$

Onde:

D_{int} = Diâmetro interno da tubulação (m)

Q = Vazão (m³/s)

V = Velocidade (m/s) compreendida entre o intervalo 0,6 m/s ≤ V ≤ 1 m/s

Aplicando a fórmula 4 e 5 para o caso em estudo, temos que:

$$Q = \sum 10000/86400 = 0,1157 \text{ L/s} = 0,0001157 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para velocidade de 0,6 m/s determina-se o diâmetro interno mínimo para o ramal predial:

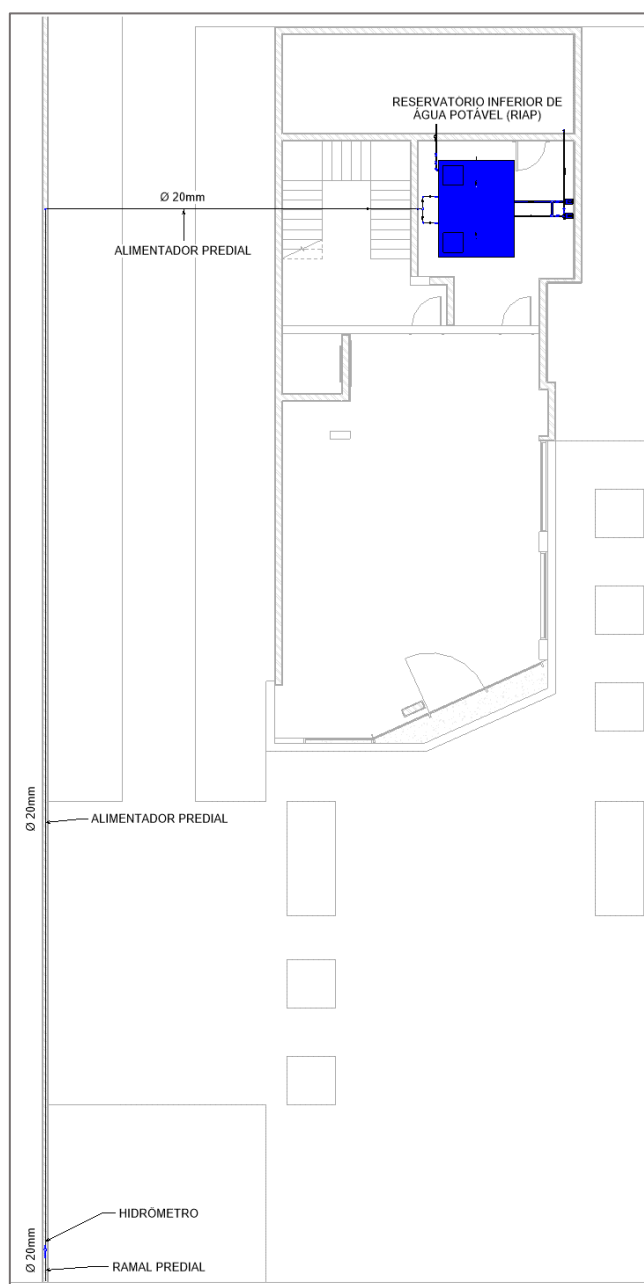
$$D_{int,min} = \sqrt{\frac{4 * 0,0001157}{\pi * 0,6}} = 0,0157 \text{ m}$$

Dessa maneira, tendo em vista que o diâmetro interno mínimo calculado para o ramal predial é de 15,7 mm e que o DMAE oferece diâmetros externos de 20mm e 32mm para o ramal predial (Decreto 9369/1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre), adotou-se o diâmetro externo de 20mm para o ramal predial do projeto.

O alimentador predial deve possuir o mesmo diâmetro calculado para o ramal predial, visto que a vazão entre o hidrômetro e o reservatório será a mesma calculada anteriormente.

A Figura 7 traz o traçado do ramal e do alimentador predial.

Figura 7 - Ramal Predial e Alimentador Predial



4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE

O referido sistema é composto pela tubulação de sucção e recalque bem como pelas bombas de recalque, sendo que seu dimensionamento é realizado conforme descrito a seguir.

4.5.1 Tubulação de recalque

A tubulação de recalque, compreendida entre a bomba e o reservatório superior, é dimensionada levando-se em consideração o tempo máximo de operação da bomba para completar o reservatório superior. A NBR 5626/2020 dispõe que para edifícios o tempo de enchimento não deve ser superior a seis horas. O diâmetro da tubulação de recalque é definido a partir das seguintes fórmulas:

$$Q_r = \frac{CD}{T_{fun} * 3600} \quad (6)$$

Onde:

CD = Consumo diário (m³/dia)

Q_r = Vazão de recalque (m³/s)

T_{fun} = Tempo de funcionamento (hr/dia)

$$F_{fun} = \frac{T_{fun} (hr)}{24hr} \quad (7)$$

Onde:

F_{fun} = Fator de funcionamento diário (adimensional)

$$D_r = 1,3 * \sqrt{Q_r} * \sqrt[4]{F_{fun}} \quad (8)$$

Onde:

D_r = Diâmetro interno da tubulação de recalque (m)

Para este edifício foi considerado um tempo de funcionamento das bombas igual a duas horas. Diante do exposto, utilizou-se a fórmula 6 para encontrar a vazão de recalque.

$$Qr = \frac{10}{2 * 3600} = 0,0013889 \text{ m}^3/\text{s}$$

O fator de funcionamento diário é calculado através da fórmula 7.

$$Ffun = \frac{2 \text{ hrs}}{24 \text{ hrs}} = 0,08333$$

Por fim, utiliza-se a fórmula 8 para encontrar o diâmetro de recalque da tubulação.

$$Dr = 1,3 * \sqrt{0,0013889} * \sqrt[4]{0,0833} = 0,0260 \text{ m}$$

Considerando o diâmetro de recalque obtido, adotou-se o diâmetro comercial imediatamente superior ao valor calculado, isto é, 32 mm.

4.5.2 Tubulação de sucção

A tubulação de sucção, compreendida entre o reservatório inferior e a bomba, foi determinada através do diâmetro encontrado para a tubulação de recalque no item 4.5.1, onde adotou-se a bitola comercial imediatamente superior, ou seja, 40 mm.

4.5.3 Dimensionamento das bombas de recalque

O dimensionamento da bomba de recalque foi realizado após a definição do traçado do sistema de maneira a quantificar o comprimento das tubulações e a quantidade de conexões existente.

Assim, determinou-se a altura manométrica do sistema com base na perda de carga que ocorre nas tubulações de sucção e recalque.

Para determinação da perda de carga unitária, a NBR 5626/2020 indica a utilização da equação universal da perda de carga. Contudo, permite a utilização de

outras equações quando estas forem adequadas para o material e diâmetro empregados no sistema. Desta forma, optou-se por utilizar a fórmula de *Fair-Whipple-Hsiao*, adequada para perda de carga unitária, e diâmetros menores de 4". A fórmula utilizada para tubulações lisas e água fria de PVC (material utilizado no sistema) é dada por:

$$J = 8,695 * 10^6 * \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (9)$$

Onde:

J = perda de carga unitária (Kpa/m);

Q = vazão (l/s);

D = diâmetro interno (mm);

A perda de carga da tubulação foi calculada multiplicando o comprimento da tubulação pela perda de carga unitária de cada trecho do sistema e pode ser aplicada para as conexões do trecho através das tabelas de comprimentos equivalentes, fornecida pelo fabricante das tubulações. Neste trabalho foram utilizados tubos e conexões soldáveis da marca Tigre. A Tabela 1 fornece a equivalência, em metros, de cada tipo de conexão e seus diâmetros.

Tabela 1 - Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC Rígido (Fonte: Tigre SA)

Perdas de carga localizadas - Sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

A altura manométrica, isto é, o valor que representa o ganho de energia de pressão do líquido entre a entrada e a saída da bomba, é dada pela equação a seguir:

$$H_m = H_g + \Delta h_s + \Delta h_r \quad (10)$$

Onde:

H_m = altura manométrica (m.c.a.);

H_g = Desnível geométrico entre o nível mínimo no RI e a entrada de água no RS (mca);

Δh_s = perda de carga no trecho de sucção (mca)

Δh_r = perda de carga no trecho de recalque (mca)

A tabela fornecida pela NBR 5626/2020 para verificação das pressões nos trechos de distribuição pode ser adaptada para o cálculo da altura manométrica. Com isso, se fez possível calcular a perda de carga unitária do trecho em função da vazão e do diâmetro interno da tubulação. Ao variar a vazão do sistema, se obtêm um novo valor para a altura manométrica e, por consequência a curva do sistema.

Através de um sistema de manobra, que consiste em um conjunto válvulas solenoides, a tubulação de recalque de água fria servirá também como um sistema paralelo de abastecimento para o reservatório de reuso. Logo, fez-se necessário verificar a curva do sistema para duas diferentes possibilidades que poderão ocorrer ao longo da sua utilização, sendo elas: abastecimento individual do reservatório superior de água potável e abastecimento individual do reservatório superior de água de reuso.

Para o abastecimento individual do reservatório superior (Trecho 1), o cálculo da curva do sistema e os comprimentos equivalentes do trecho de sucção e recalque são demonstrados através da Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4, respectivamente. Para garantir que a bomba funcione corretamente, independentemente que alguma manobra seja realizada no sistema, foram considerados, para fins de cálculo, os caminhos críticos, ou seja, os caminhos entre o reservatório inferior e superior que possuem as maiores perdas de carga.

Tabela 2 - Determinação da curva do sistema água fria (Trecho 1)

Vazão	Sucção DN 40mm - DI 35,20			Recalque DN 32mm - DI 27,8			Hs+Hr	hg	Hm		
	Perda de carga unitária	Comprimentos			Perda de carga unitária	Comprimentos					
		Real	Equiv.	Total		Real				Equiv.	Total
m³/h	mca/m	m	m	m	mca/m	m	m	m	mca	mca	mca
0	0,000	2,983	12	14,98	0,0000	32,57	20,6	53,17	0	26,08	26,08
1	0,004	2,983	12	14,98	0,0128	32,57	20,6	53,17	0,7415	26,08	26,82
2	0,014	2,983	12	14,98	0,0430	32,57	20,6	53,17	2,4942	26,08	28,57
3	0,028	2,983	12	14,98	0,0873	32,57	20,6	53,17	5,071	26,08	31,15
4	0,047	2,983	12	14,98	0,1445	32,57	20,6	53,17	8,3895	26,08	34,47
5	0,069	2,983	12	14,98	0,2135	32,57	20,6	53,17	12,397	26,08	38,48
6	0,095	2,983	12	14,98	0,2938	32,57	20,6	53,17	17,057	26,08	43,14
7	0,125	2,983	12	14,98	0,3848	32,57	20,6	53,17	22,338	26,08	48,42

Tabela 3 - Comprimento equivalente das conexões de sucção

Comprimento equivalente das conexões de sucção				
Ø	Tipo de conexão	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
40	Joelho 90	1	2	2
40	Tê saída de Lado	2	4,6	9,2
40	Registro de gaveta	2	0,4	0,8
40	Entrada de borda	1	1,8	1,8
Total (m)				12

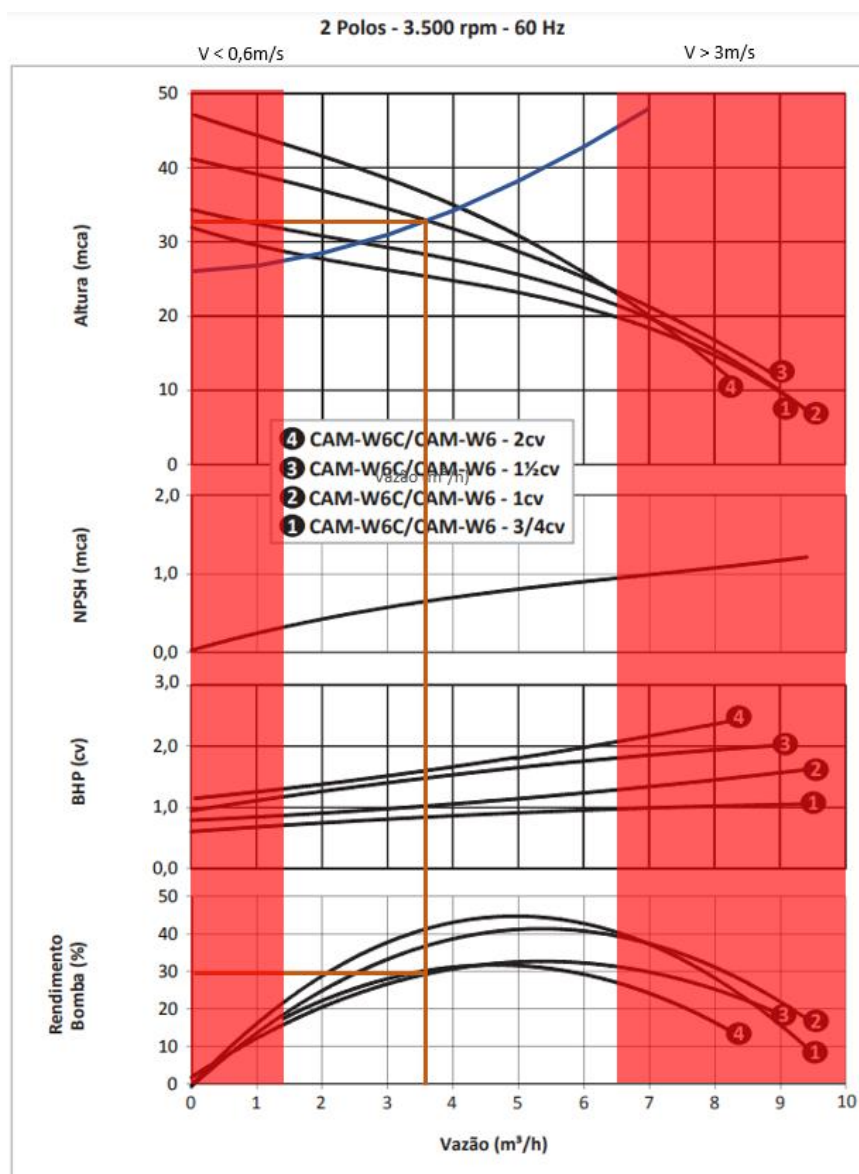
Tabela 4 - Comprimento equivalente das conexões de recalque (Trecho 1)

Comprimento equivalente das conexões de recalque				
Ø	Tipo de conexão	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
32	Joelho 45	2	0,7	1,4
32	Tê saída de Lado	1	3,1	3,1
32	Registro de gaveta	2	0,3	0,6
32	Válvula retenção	1	3,8	3,8
32	Joelho 90	6	1,5	9
32	Tê passagem direta	3	0,9	2,7
Total (m)				20,6

Para garantir o melhor rendimento da bomba, determinou-se a faixa de vazões das quais as velocidades sejam maiores que 0,6 m/s e menores que 3,0 m/s. A Figura 8 mostra a curva do sistema traçada sobre a curva da bomba, assim como ponto de funcionamento do sistema. Em vermelho estão destacadas as vazões para as quais as velocidades ultrapassam os limites mínimos e máximos estipulados. Assim, foi

encontrada para o sistema uma vazão de 3,55 m³/h, altura manométrica de 32,7 mca e eficiência de 30%.

Figura 8 - Curva do sistema e Curva da bomba (Trecho 1)



Conhecendo o ponto de funcionamento da bomba no sistema, determinou-se o rendimento desta através da Figura 8, onde calculou-se a potência da bomba através da fórmula a seguir:

$$N_B = \frac{\gamma * Q_r * H_m}{75 * n_B} \quad (11)$$

Onde:

N_b = potência da bomba (CV);

γ = peso específico da água (kgf/m³);

Q_r = vazão recalçada (m³/s);

H_m = altura manométrica (m);

η_B = rendimento da bomba;

Aplicando os dados supracitados, obtém-se que:

$$N_B = \frac{1000 * 0,00098611 * 32,7}{75 * 0,3} = 1,42 \text{ CV}$$

Já a potência do motor que será acoplado a bomba foi calculada dividindo-se a potência da bomba, pela eficiência do motor, sendo essa de 0,9.

$$N_M = \frac{1,42}{0,9} = 1,58 \text{ CV}$$

Para o abastecimento individual do reservatório superior de água de reuso (Trecho 2), o cálculo da curva do sistema e os comprimentos equivalentes do trecho de recalque são demonstrados através da Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente. A tubulação de sucção não precisou ser recalculada, visto que este trecho usa o mesmo traçado de sucção. A nova curva do sistema para este trecho pode ser vista na Figura 9.

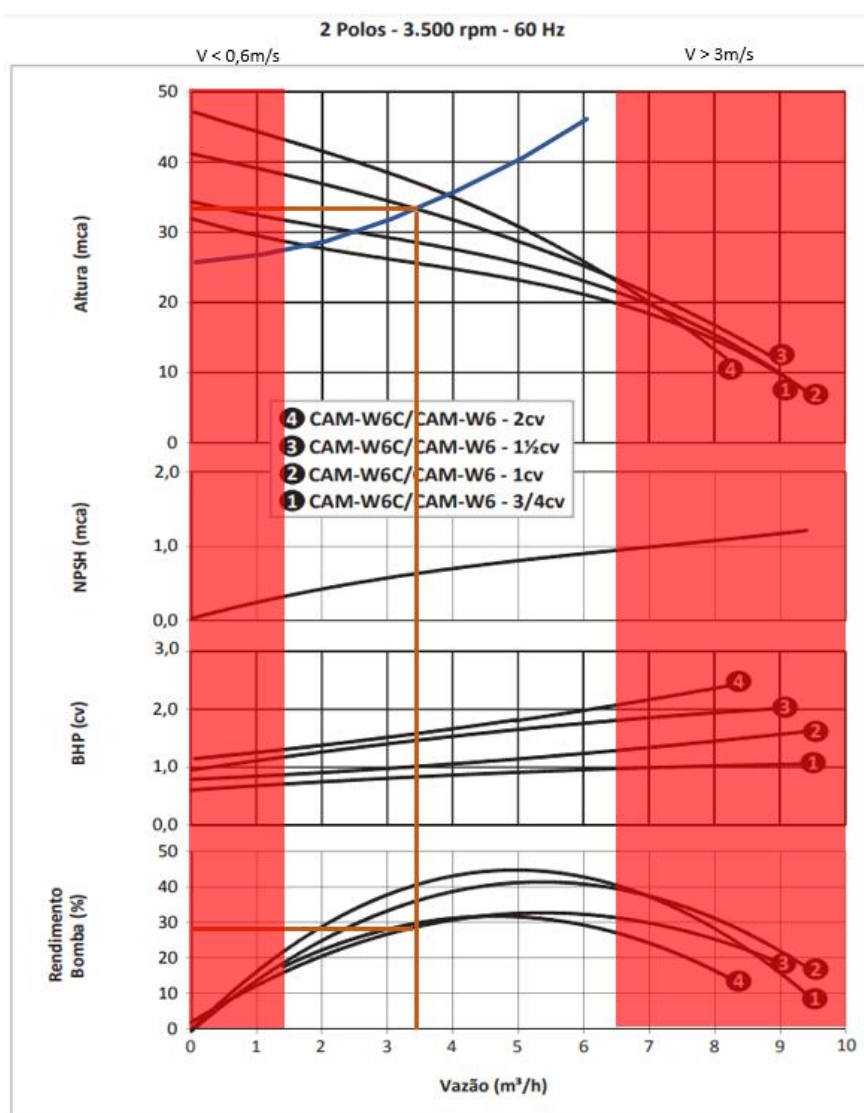
Tabela 5 - Determinação da curva do sistema água fria (Trecho 2)

Vazão	Sucção DN 40mm - DI 35,20			Recalque DN 32mm - DI 27,8			Hs+Hr	hg	Hm		
	Perda de carga unitária	Comprimentos			Perda de carga unitária	Comprimentos					
		Real	Equiv.	Total		Real				Equiv.	Total
m ³ /h	mca/m	m	m	m	mca/m	m	m	m	mca	mca	mca
0	0,000	2,983	12	14,98	0,0000	36,04	27,2	63,24	0	26,08	26,08
1	0,004	2,983	12	14,98	0,0128	36,04	27,2	63,24	0,87	26,08	26,95
2	0,014	2,983	12	14,98	0,0430	36,04	27,2	63,24	2,927	26,08	29,01
3	0,028	2,983	12	14,98	0,0873	36,04	27,2	63,24	5,951	26,08	32,03
4	0,047	2,983	12	14,98	0,1445	36,04	27,2	63,24	9,845	26,08	35,92
5	0,069	2,983	12	14,98	0,2135	36,04	27,2	63,24	14,55	26,08	40,63
6	0,095	2,983	12	14,98	0,2938	36,04	27,2	63,24	20,02	26,08	46,1
7	0,125	2,983	12	14,98	0,3848	36,04	27,2	63,24	26,21	26,08	52,29

Tabela 6 - Comprimento equivalente das conexões de recalque (Trecho 2)

Comprimento equivalente das conexões de recalque				
Ø	Tipo de conexão	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
32	Joelho 45	2	0,7	1,4
32	Tê saída de Lado	2	3,1	6,2
32	Registro de gaveta	2	0,3	0,6
32	Válvula retenção	2	3,8	7,6
32	Joelho 90	7	1,5	10,5
32	Tê passagem direta	1	0,9	0,9
			Total (m)	27,2

Figura 9 - Curva do sistema e Curva da bomba (Trecho 2)



Para o trecho 2, encontrou-se uma vazão de 3,3 m³/h, altura manométrica de 32,8 mca e eficiência de 28%.

Os cálculos de potência das bombas e motor seguiu o mesmo procedimento citado para o trecho 1.

$$N_B = \frac{1000 * 0,00091667 * 32,8}{75 * 0,28} = 1,43 \text{ CV}$$

$$N_M = \frac{1,43}{0,9} = 1,59 \text{ CV}$$

Através da análise das duas situações possíveis de operação do sistema, concluiu-se que o trecho 2 é o mais crítico. Logo por operar o reservatório de reuso, este possui traçado com maior perda de carga e conseqüentemente maior altura manométrica. Da mesma maneira, será necessário que a bomba tenha maior potência para operar nesta situação ocorrendo uma menor eficiência.

Contudo, como pode-se observar nas duas curvas em análise, a bomba selecionada é capaz de vencer a altura manométrica e vazão necessária para enchimento dos reservatórios independentemente do trecho que estiver em operação.

Além disso, deve-se garantir que o motor que opera a bomba tenha a potência necessária para o correto funcionamento do sistema. Assim, tendo em vista que o trecho 2 é crítico para o sistema, majorou-se a potência calculada do motor conforme a Tabela 7. Para o caso aqui disposto o acréscimo será de 50%, ou seja, a potência do motor da bomba será de 2,4 CV.

Tabela 7 - Acréscimo de potência do motor da bomba

Potência Calculada (CV)	Acréscimo (%)
Até 2	50
2-5	30
5-10	20
10-20	15
Acima de 20	10

Ainda, de acordo com o item 6.5.11.2 da NBR 5626/2020

Os sistemas de recalque e de pressurização devem possuir no mínimo duas bombas com funcionamento independente entre si, com vistas a assegurar o abastecimento de água em caso de falha ou desativação de uma delas para manutenção.

Desta forma, adotou-se duas bombas Dancor CAM W-6C 1,5 CV.

5 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO E COLETA DE ÁGUAS CINZAS

O processo de dimensionamento da tubulação do sistema de esgoto sanitário e de coleta de águas cinzas compartilham o mesmo procedimento de cálculo, entretanto o destino de cada sistema é diferente. O esgoto cloacal, o esgoto da cozinha e as águas cinzas da lavanderia e lavatórios são diretamente destinados ao sistema público de coleta de esgoto, já as águas cinzas provenientes dos chuveiros, passam por um sistema de tratamento para que seja possível promover seu reuso.

5.1 SISTEMA DE ESGOTO

O método de dimensionamento utilizado para este projeto é método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário.

5.1.1 Dimensionamento dos desconectores e ramais de descarga e esgoto

Visto que o edifício possui um apartamento por andar com configuração idêntica em todos os pavimentos, os ramais de descarga e esgoto da cozinha, lavanderia e ambos os banheiros são equivalentes nos demais pavimentos.

Para dimensionamento dos ramais de descarga, a NBR 8160/1999 fornece a Tabela 8 que relaciona o aparelho sanitário com seu respectivo UHC bem como os diâmetros mínimos a se considerar no cálculo.

Referente aos ramais de esgoto, estes foram dimensionados utilizando-se a Tabela 9, em que baseado na somatória de UHC de cada trecho deve-se tomar o diâmetro nominal mínimo fornecido.

As caixas sifonadas foram dimensionadas através do disposto pelo item 5.1.1.2 da NBR 8160/1999 a qual fornece que:

As caixas sifonadas devem ter as seguintes características mínimas:

- a) Ser de DN 100, quando receberem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 6 UHC;
- b) Ser de DN 125, quando receberem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 10 UHC;

- c) Ser de DN 150, quando receberem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 15 UHC;

O detalhamento da tubulação da cozinha, lavanderia e ambos os banheiros pode ser visto na

Figura 10, Figura 11 e Figura 12.

Já o dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos referidos ambientes é demonstrado através da Tabela 10.

Tabela 8 - Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga (Fonte: NBR 8160/1999)

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 louças		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.

Tabela 9 - Dimensionamento de ramais de esgoto (Fonte: NBR 8160/1999)

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

Tabela 10 - Dimensionamento dos ramais de descarga, esgoto e desconectores

Ramais de descarga, esgoto e desconectores				
Ambiente	Aparelho Sanitário/Pav.	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
U O N -	Ramal de Descarga			

	Pia Cozinha residencial	3	50 mm	2%
	Lava Louças	2	50 mm	2%
	Ramal de Esgoto - Gordura			
	Pia + Lava Louças	5	50 mm	2%
LAVANDERIA	Ramal de Descarga			
	Tanque De Lavar Roupas	3	40 mm	2%
	Máquina de Lavar Roupas	3	50 mm	2%
	Ramal de Esgoto - Água Cinza (não será com reuso)			
	Tanque + Máquina de Lavar	6	50 mm	2%
	Caixa Sifonada	6	100 mm	
BANHEIRO 1	Ramal de Descarga			
	Lavatório	1	40 mm	2%
	Bacia Sanitária	6	100 mm	1%
	Chuveiro	2	40 mm	2%
	Ramal de Esgoto – Esgoto Cloacal			
	Lavatório + Bacia Sanitária	7	100 mm	1%
	Caixa Sifonada	1	100 mm	
	Ramal de Esgoto – Água Cinza (Reuso)			
	Chuveiro	2	40 mm	2%
	Caixa Sifonada	2	100 mm	
BANHEIRO 2	Ramal de Descarga			
	Lavatório	1	40 mm	2%
	Bacia Sanitária	6	100 mm	1%
	Chuveiro	2	40 mm	2%
	Ramal de Esgoto – Esgoto Cloacal			
	Lavatório + Bacia Sanitária	7	100 mm	1%
	Caixa Sifonada	1	100 mm	
	Ramal de Esgoto – Água Cinza (Reuso)			
	Chuveiro	2	40 mm	2%
	Caixa Sifonada	2	100 mm	

Figura 10 - Tubulação de Esgoto da Cozinha e Lavanderia

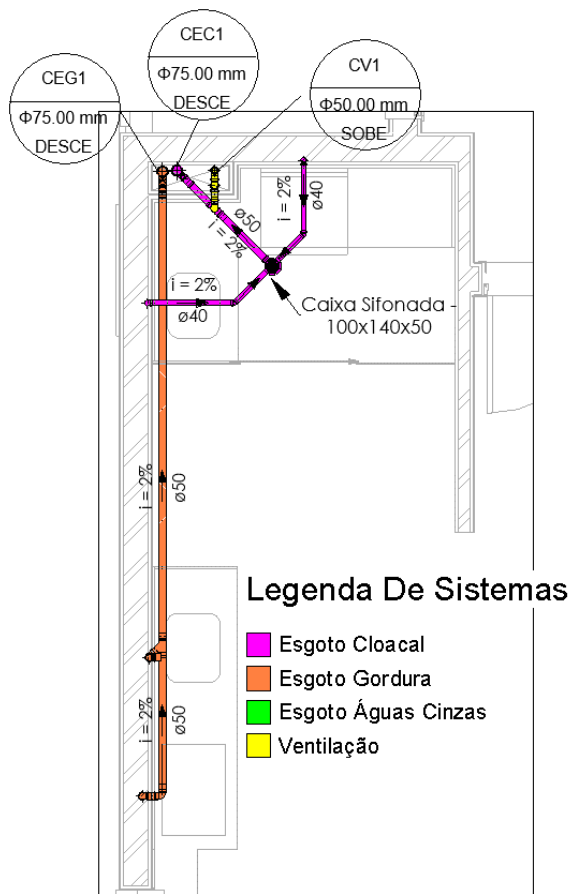


Figura 11 - Tubulação de Esgoto Banheiro 2

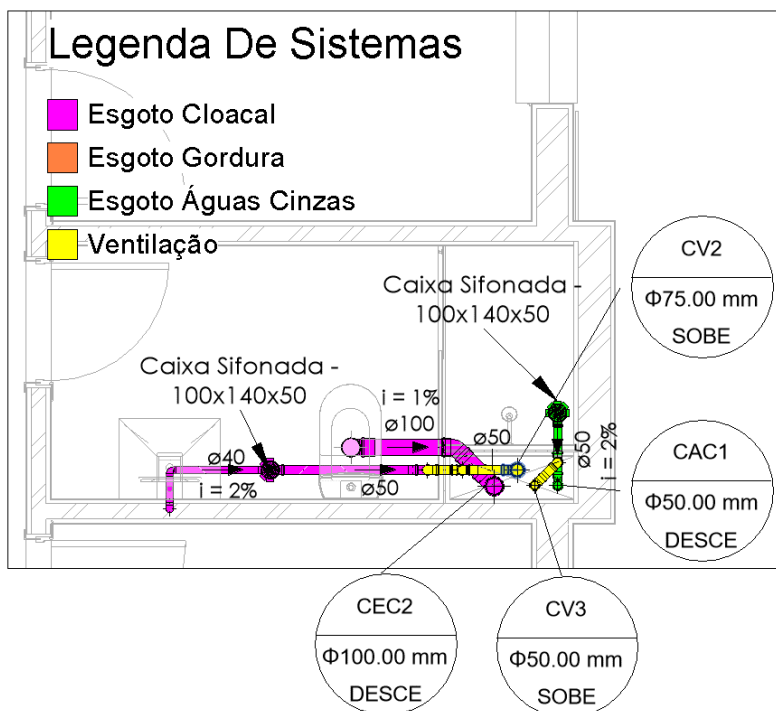
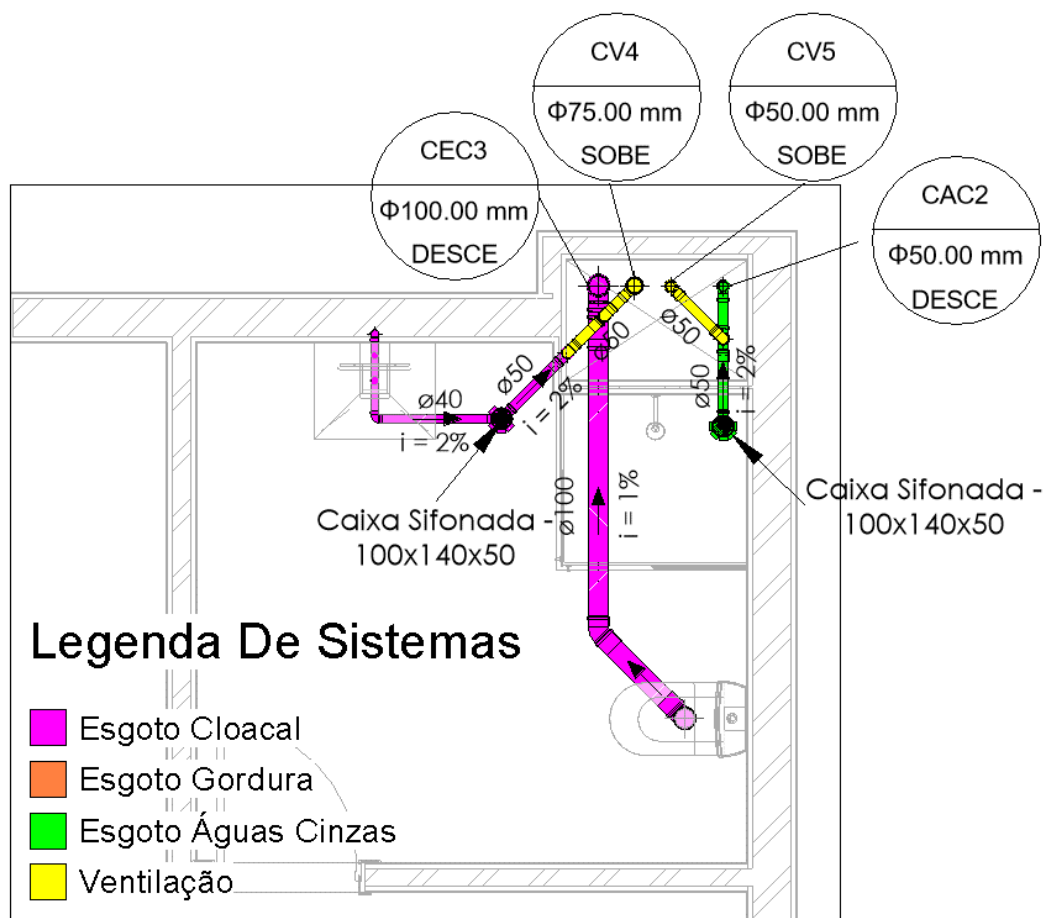


Figura 12 - Tubulação de Esgoto Banheiro 1



5.1.2 Dimensionamento dos tubos de queda

Os tubos de queda foram dimensionados utilizando-se a Tabela 11 onde baseando-se na somatória de UHC de cada trecho e no número de pavimentos do edifício, definiu-se um diâmetro nominal mínimo.

Tabela 11 - Dimensionamento dos tubos de queda (Fonte: NBR 8160/1999)

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

Os tubos de queda foram dimensionados de acordo com a Tabela 12 e podem ser melhor visualizados através dos detalhes da

Figura 10, Figura 11 e Figura 12.

Tabela 12 - Dimensionamento dos Tubos de Queda

Tubos de queda			
Ambiente	Aparelho Sanitário/Pav.	UHC Total	DN Nominal Mínimo
COZINHA	Tubo de Queda - Esgoto Gordura (CEG1)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	35	75 mm
LAVAND.	Tubo de Queda – Esgoto Cloacal (CEC1)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	42	75 mm
BANHEIRO 1	Tubo de Queda - Esgoto Cloacal (CEC3)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	49	100 mm
	Tubo de Queda Água Cinza (Reuso) (CAC2)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	14	50 mm
BANHEIRO 2	Tubo de Queda - Esgoto Cloacal (CEC2)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	49	100 mm
	Tubo de Queda Água Cinza (Reuso) (CAC1)		
	Número de pavimentos	UHC	DN Nominal Mínimo
	7 pavimentos	14	50 mm

5.1.3 Dimensionamento dos tubos subcoletores e coletores predial

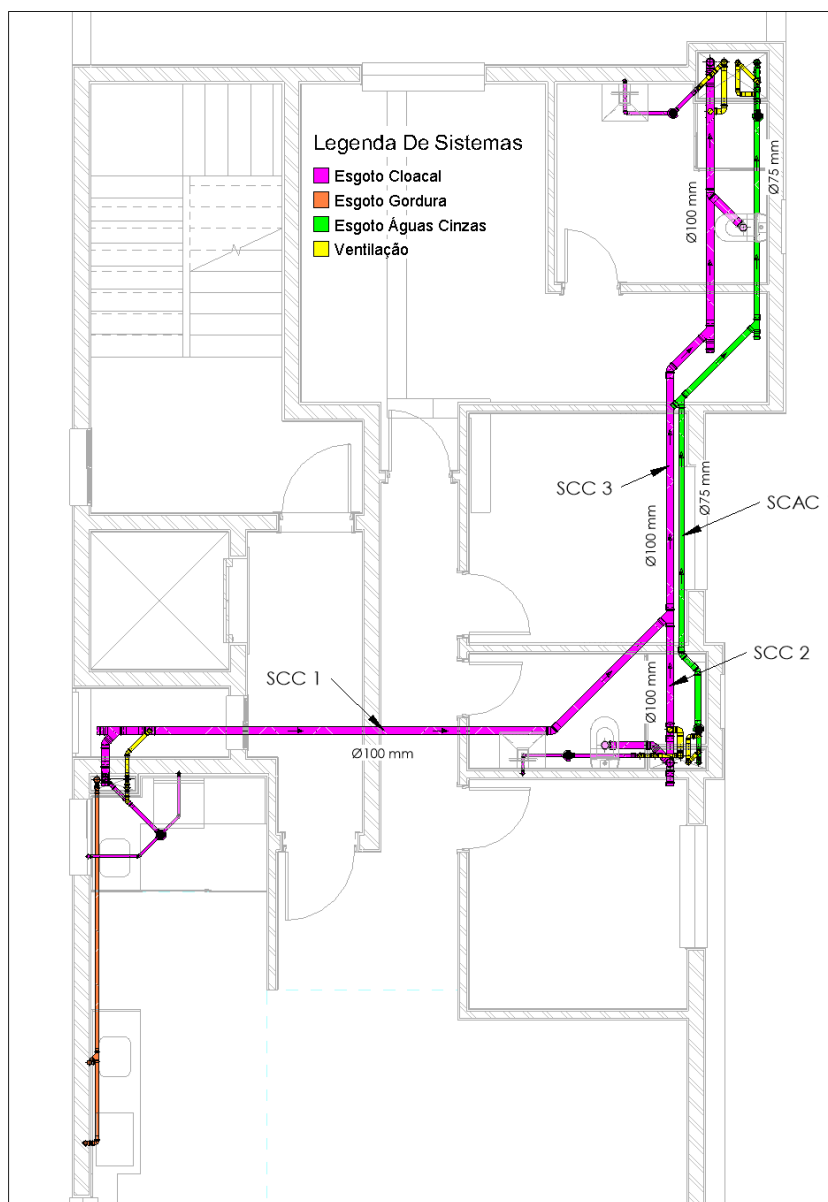
O dimensionamento dos subcoletores e coletores predial se deu através da Tabela 13 em que se relaciona o diâmetro nominal e a declividade do tubo a fim de conhecer os valores máximos de UHC.

Tabela 13 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial (Fonte: NBR 8160/1999)

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

Nos banheiros, considerou-se apenas o aparelho de maior descarga para a somatória de UHC. Já em trechos diversos como cozinha e lavanderia foram consideradas a combinação de todos os aparelhos.

Figura 13 - Subcoletores



Os trechos dos subcoletores instalados sob o segundo pavimento foram subdivididos até os encontros com as demais colunas de esgoto. As nomenclaturas de cada trecho bem como seus traçados podem ser observados na Figura 13.

O dimensionamento de cada trecho é demonstrado nas Tabela 14.

Tabela 14 - Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas 2º Pav.

Trecho	Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas			
SCC1	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	42	100 mm	1%
SCC2	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	42	100 mm	1%
SCC3	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	84	100 mm	1%
SCAC1	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	14	75 mm	2%

Os coletores e subcoletores instalados no pavimento térreo são demonstrados na Figura 14 e são dimensionados na Tabela 15 e Tabela 16. O coletor de esgoto fica a uma cota de -0,70 m em relação ao passeio e é direcionado para a o coletor público de esgoto cloacal. As cotas das caixas de inspeção podem ser vistas na Figura 14 e Apêndice B.

Tabela 15 - Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas – Pav. Térreo

Trecho	Subcoletores de esgoto cloacal e águas cinzas			
SCC4	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	126	100 mm	1%
SCC5	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	126	100 mm	1%
SCAC2	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	28	100 mm	1%
SCG1	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	35	100 mm	1%

Tabela 16 - Coletor de esgoto cloacal

Trecho	Coletor de esgoto Cloacal			
CC1	Número de pavimentos	UHC Total	DN Nominal Mínimo	Declividade
	7 pavimentos	161	100 mm	1%

5.1.4 Dimensionamento das caixas de inspeção e gordura

As caixas de inspeção foram determinadas através do disposto no item 5.1.5.3 da NBR 8160/1999 que propõe o seguinte:

As caixas de inspeção devem ter:

- a) profundidade máxima de 1,00 m;
- b) forma prismática, de base quadrada ou retangular, de lado interno mínimo de 0,60 m, ou cilíndrica com diâmetro mínimo igual a 0,60 m;
- c) tampa facilmente removível, permitindo perfeita vedação;
- d) fundo construído de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.

Visto que no projeto foram utilizados dispositivos de formato cilíndrico, adotou-se caixas de inspeção com diâmetro interno igual a 0,60m.

Quanto a caixa de gordura, a NBR 8160/1999 dispõe que para a coleta de três a doze cozinhas, deve-se utilizar caixa de gordura dupla. Desta forma o dimensionamento da CGD é demonstrado na Tabela 17.

Tabela 17 - Dimensionamento da Caixa de Gordura

Caixa de Gordura	
7 cozinhas	Caixa de Gordura Dupla (CGD)
Diâmetro interno (m)	0,6
Parte submersa do Septo (m)	0,35
Capacidade de Retenção (L)	120
Diâmetro nominal da tubulação de Saída	100

5.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO

O sistema de ventilação deve ser projetado de forma a garantir que os dispositivos desconectores não tenham seus fechos hídricos prejudicados pelas mudanças de pressão causadas no interior das tubulações de esgoto.

5.2.1 Dimensionamento dos ramais de ventilação

Os ramais de ventilação foram dimensionados utilizando-se os valores disponíveis na Tabela 18. Nesta existem dois grupos, um contendo bacias sanitárias e outro sem bacias sanitárias. Cada grupo possui diâmetros recomendados para o

ramal de ventilação em função da somatória de UHC dos aparelhos protegidos pelos desconectores. Contudo, excluem-se da somatória de UHC as bacias sanitárias.

É importante frisar que os ramais de ventilação devem ser conectados as suas respectivas colunas, estando a conexão à uma altura 15cm superior ao do nível de transbordamento dos aparelhos mais elevados por aquele ventilado.

Tabela 18 - Dimensionamento dos ramais de ventilação (Fonte: NBR 8160/1999)

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Os dimensionamentos dos ramais de ventilação estão dispostos na Tabela 19.

Tabela 19 - Dimensionamento dos ramais de ventilação

Ramais de Ventilação			
Ambiente	Aparelho Sanitário/Pav.	UHC Total	DN Nominal Mínimo
LAVAND.	Ramal de Ventilação Lavanderia (CV1)		
	Tanque + Máquina de Lavar	6	40 mm
BANHEIRO 1	Ramal de Ventilação - Esgoto Cloacal (CV4)		
	Lavatório + Bacia Sanitária	1	50 mm
	Ramal de Ventilação - Água Cinza (CV5)		
	Chuveiro	2	40 mm
BANHEIRO 2	Ramal de Ventilação - Esgoto Cloacal (CV2)		
	Lavatório + Bacia Sanitária	1	50 mm
	Ramal de Ventilação - Água Cinza (CV3)		
	Chuveiro	2	40 mm

5.2.2 Dimensionamento da coluna de ventilação

As colunas de ventilação são dimensionadas através da Tabela 21. Esta fornece o diâmetro das tubulações em função do comprimento da coluna de ventilação, do diâmetro dos tubos de queda de esgoto, bem como do número de UHC dos aparelhos por ela ventilada.

As colunas de ventilação estão identificadas da

Figura 10 à Figura 12 e os respectivos dimensionamentos são demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20 - Dimensionamento das colunas de ventilação

Colunas de Ventilação				
Ambiente				
LAVAND.	Coluna de Ventilação da Lavanderia - CV1			
	Comprimento (m)	25	DN CV	50 mm
	UHC Total	42		
	Diâmetro Tubo de Queda	75		
BANHEIRO 1	Coluna de Ventilação (Lavatório + Bacia Sanitária) - CV4			
	Comprimento (m)	25	DN CV	75 mm
	UHC	49		
	Diâmetro Tubo de Queda	100		
	Coluna de Ventilação (Chuveiro - Água Cinza) - CV5			
	Comprimento (m)	25	DN CV	50 mm
	UHC	14		
	Diâmetro Tubo de Queda	50		
BANHEIRO 2	Coluna de Ventilação (Lavatório + Bacia Sanitária) - CV4			
	Comprimento (m)	25	DN CV	75 mm
	UHC	49		
	Diâmetro Tubo de Queda	100		
	Coluna de Ventilação (Chuveiro - Água Cinza) - CV5			
	Comprimento (m)	25	DN CV	50 mm
	UHC	14		
	Diâmetro Tubo de Queda	50		

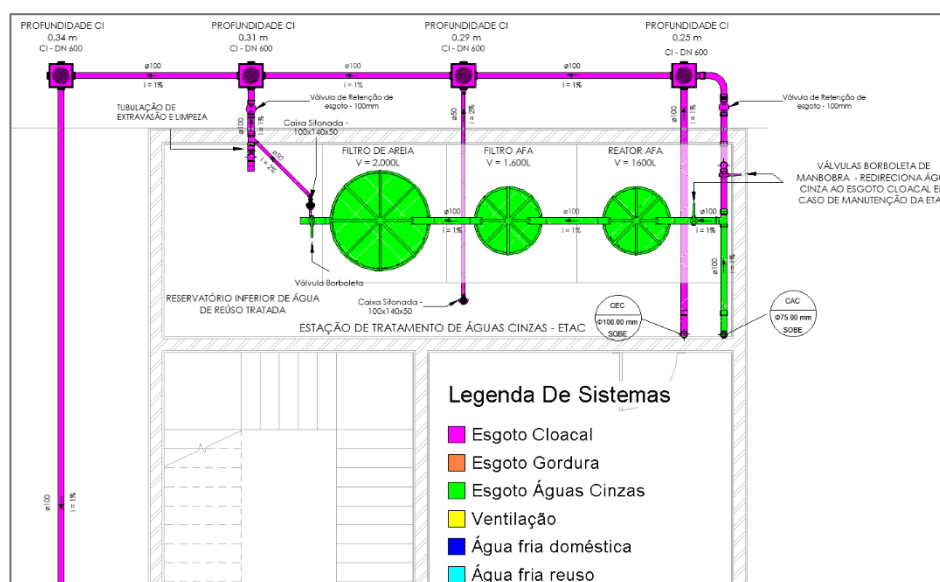
Tabela 21 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação (Fonte: NBR 8160/1999)

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto <i>DN</i>	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1 100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2 000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2 900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1 800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3 400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5 600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7 600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4 000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7 200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11 000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15 000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7 300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13 000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20 000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26 000	-	-	-	-	5	22	70	152

6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

O sistema de reuso de água cinza adotado para o edifício direciona a água proveniente dos chuveiros de cada apartamento para uma estação de tratamento localizada no pavimento térreo. A tubulação que carrega o efluente é completamente separada da tubulação de esgoto cloacal e possui mecanismos que possibilitam a manobra do efluente em caso de necessidade. A Figura 15 demonstra a estação de tratamento de águas cinzas do edifício.

Figura 15 - Estação de Tratamento de Águas Cinzas



6.1 DISPOSITIVOS DE MANOBRA

Como referido no item anterior, os efluentes do edifício são direcionados a ETAC (estação de tratamento de águas cinzas). Todavia, existe a possibilidade que algum tipo de manutenção seja realizada no sistema de tratamento ao longo de seu uso. Em alguns casos a manutenção pode exigir a interdição da entrada de água no sistema devendo ser remanejada até a tubulação de esgoto cloacal existente.

Para tanto, no trecho a montante do RAFA (reator anaeróbio de fluxo ascendente), foi previsto um “Tê” que interliga a tubulação de águas cinzas ao esgoto cloacal. O fluxo de água cinza é então controlado por um conjunto válvulas do tipo borboleta na entrada do RAFA e na entrada da tubulação cloacal. Para evitar qualquer risco de contaminação das águas cinzas durante a operação de manobra, foi

adicionado uma válvula de retenção de esgoto a montante da caixa de inspeção prevista no projeto. O detalhamento do sistema pode ser visto na Figura 15.

O sistema conta também com extravasor que conecta o reservatório inferior de água de reuso tratada ao sistema de esgoto cloacal. Caso a vazão de água cinza seja superior à utilização de água de reuso tratada, a água excedente será desviada para o sistema de esgoto, esse procedimento evitará uma possível contaminação da água. Igualmente foi previsto a instalação de uma válvula de retenção de esgoto a montante da caixa de inspeção da rede.

6.2 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE PROVENIENTE DOS CHUVEIROS

As águas cinzas provenientes dos chuveiros possuem parâmetros, como a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e os coliformes fecais que devem ser consideradas para a escolha do sistema de tratamento. A Tabela 22 fornece os parâmetros esperados para várias fontes de esgoto. Para o caso do chuveiro, estima-se que o efluente possua uma concentração de DBO de aproximadamente 170 mg/L. Já a Tabela 24 mostra que diferentes situações de habitabilidade podem interferir nos parâmetros do efluente de águas cinzas. No caso de casas com crianças e animais, pode-se verificar a existência de coliformes fecais na água, já no caso em que há somente pessoas adultas residindo, não existem coliformes fecais no efluente final.

O sistema de tratamento deve garantir que os parâmetros finais da água, após o tratamento, estejam dentro dos valores esperados para reuso em descarga de vasos sanitários. Os valores permitidos para DBO, neste caso, devem ser menores ou iguais a 10 mg/L e podem ser observados na Tabela 23.

Tabela 22 - Características das águas cinzas originadas de várias fontes (Fonte: Bazzarella, 2005)

Parâmetros	Tipos de água Cinza											
	Siegrist et al. (1976) *					Christova-Boal et al. (1998)			Almeida et al. (1999)			
	Chuveiro/ Banheira	Pia de Cozinha	Lava Louças	Lava Roupas	Enxague de roupa	Banheiro	Lavanderia	Banheira	Lavatório	Chuveiro	Pia de Cozinha	
Físicos mg/l exceto onde indicado												
Temperatura (°C)	29	27	38	32	28							
Turbidez (NTU)						60 - 240	50 - 210					
ST	250	2410	1500	1340	410							
SST	120	720	440	280	120			54	181	200	235	
Químicos mg/l exceto onde indicado												
pH						6,4 - 8,1	9,3 - 10					
Condutividade (µS/cm)						82 - 250	190 - 1400					
Alcalinidade						24 - 43	83 - 200					
DBO5	170	1460	1040	380	150	76 - 200	48 - 290					
DQO								210	298	501	644	
Óleos e Graxas						37 - 78	8,0 - 35					
Cloreto						9,0 - 18	9,0 - 88					
Nutrientes mg/l exceto onde indicado												
N-total	17	74	40	21	6							
NTK						4,6 - 20	1,0 - 40					
NH4-N	2	6	4,5	0,7	0,4	<0,1 - 15	<0,1 - 1,9	1,1	0,3	1,2	0,3	
NO3-N	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4			4,2	6	6,3	5,8	
NO3 & NO2						<0	0,10 - 0,31					
P-total	2	74	68	57	21	0,11 - 1,8	0,062 - 42					
PO4-P	1	31	32	15	4			5,3	13,3	19,2	26	
Microbiológicos por 100 ml exceto onde indicado												
Coliformes Totais	70-8200			85 - 8,9x10 ²	190 - 1,5x10 ²	500-2,4 x 10 ²	2,3 x 10 ² -3,3 x 10 ²					
Coliformes Fecais	1-2500			9 - 1,6x10 ¹	35 - 7,1x10 ¹	170-3,3 x 10 ¹	110 -1,09x10 ¹					
Criptosporidium						nd	nd					
Salmonela						nd						

Tabela 23 - Limites estabelecidos para reúso em descarga de vasos sanitários (Fonte: Bazzarella, 2005)

Parâmetros	Manual de "Consevação e reúso de água em edificações " Classe 1 (FIESP, 2005)	NBR 13.969/97 item 5.6.4 Classe 3
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Óleos e Graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes Fecal (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos Orgânicos Voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1	-
SST (mg/L)	≤ 5	-
SDT (mg/L)	≤ 500	-

Tabela 24 - Resultados qualitativos coleta de águas cinzas em chuveiros (Fonte: Fernandes)

Parâmetros	Amostra 1 (Com crianças)	Amostra 2 (Com animais)	Amostra 3 (S/ crianças e s/ animal)	Portaria 1 MS 518/04	Portaria 05/89 RS 2	EPA Reuso urbano 3	CONAMA 357/05 4
Coliformes. Fecais (NMP/100ml)	5600	1,6x10⁶	Ausente	ND*	≤ 300	ND*	1000
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,6x10 ⁶	1,6x10 ⁶	Ausente		-		5000
Óleos e Graxas (mg/l)	19,6	10,2	20,3		≤ 30		
pH	7,53	6,63	7,20	6 a 9,5	6,0 a 8,6	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	66	139	220		≤ 200	≤ 10	≤ 5
DQO (mg/l)	137	312	462		≤ 450		
Sólidos Suspensos (mg/l)	204	92	150		≤ 200		
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,1	Traços	0,1		≤ 1,0		
OD (mg/l)	2,30	1,98	1,55				≥ 5
Alcalinidade (mg/l)	6,7	3,93	8,2	250			
Surfactantes (mg/l)	3,24	3,6	2,28	0,5	2,0		
Cont. Bacteriológica (UFC/ml)	>2,3x10⁵	2,5x10⁵	2,0x10⁴	≤ 500			
Cloretos (Cl ⁻ mg/l)	62,5	126	160	250		600	250
Nitrato (NO ₃ N mg/l)	ND	4,90	4252	10			10
Nitritos (NO ₂ N mg/l)	2,07	0,2	0,02	1			1
Nitrogênio total (mg/l)	22,3	10,28	16,3				
Fósforo total (mg/l)	0,65	1,69	1,26		1		
Turbidez (UNT)	383,3	98,2	340,6	5		≤ 2	100
Dureza total (CaCO ₃ mg/l)	5,7	7,5	28,5	500	≤ 200		
Condutividade (µs/cm)	198,6	98,2	172,3	2000			

6.3 SISTEMA DE TRATAMENTO ADOTADO

O item 5.6.4 da NBR 13969/1997 classifica a água de reuso em quatro diferentes classes, baseando-se nos parâmetros desejados da água e a aplicação a qual esta será destinada. No caso deste trabalho, a água de reuso será utilizada para descarga em bacias sanitárias, sendo então definida como classe 3. Por fim, transcorre sobre os métodos de tratamento aconselhados para cada tipo de classe, sendo que para classe 3 fornece os seguintes dados:

classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

Desse modo, a norma aconselha o uso de um sistema de tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção para que a água de reuso tratada atenda o uso destinado. Este sistema necessita de aeração mecanizada para seu funcionamento, visto que as bactérias que realizam a degradação da matéria orgânica não dispõem o oxigênio para sua sobrevivência.

A tabela Tabela 25 apresenta um resumo das principais vantagens e desvantagens na utilização de processos biológicos. Enquanto a tabela Tabela 26 apresenta eficiências comumente encontradas para diversas possibilidades de sistemas anaeróbios associados a pós-tratamentos aeróbios. (Faedo, 2010, p. 24-25 apud Chernicharo, 1997, p.245).

Tabela 25 - Vantagens e desvantagens dos processos biológicos (Fonte: Faedo, 2010)

PROCESSO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ANAERÓBIO	Baixa produção de sólidos, cerca de 5 – 10 vezes inferior a que ocorre nos processos aeróbios;	Bactérias anaeróbias susceptíveis a inibição por grande número de compostos; Microbiologia anaeróbia complexa;
ANAERÓBIO	Baixo consumo de energia, geralmente associada à elevatória de chegada; Baixa demanda de área;	A partida do processo pode ser lenta na ausência de lodo;
ANAERÓBIO	Baixos custos de implantação da ordem de R\$20 – 40 <i>per capita</i> ;	Possibilidade de geração de maus odores;
ANAERÓBIO	Produção de metano gás combustível que pode ser reaproveitado;	Remoção de nutrientes e patógenos insuficiente;
ANAERÓBIO	Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação por vários meses.	Geralmente necessário pós-tratamento para o efluente gerado;
AERÓBIO	Não apresenta gases tóxicos, mal cheirosos.	Maior custo de implantação e operacional devido à energia consumida.
AERÓBIO	Eficiente redução de óleos e graxas.	Não permite aproveitamento de gás;
AERÓBIO	Menores teores de sólidos solúveis, nitrogênio amoniacal e fósforo total.	Grande geração de lodo;
AERÓBIO	Reduz a baixo nível a presença de microrganismos patogênicos.	O lodo proveniente da digestão leva mais tempo para secar devido a sua difícil filtrabilidade.

Tabela 26 - Eficiências típicas de remoção de poluentes por processos biológicos (Fonte: Faedo, 2010)

SISTEMA	DBO ₅ (%)	DQO (%)	SS (%)	AMÔNIA-N (%)	N TOTAL (%)	P TOTAL (%)	CTer (NMP/100mL)
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa Maturação	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	>50	3-5
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa	75-85	65-80	70-80	<50	<60	<35	1-2
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80-85	70-80	80-90	<45	<60	<35	1-2
UASB	60-75	55-70	65-80	<50	<60	<35	≈1
UASB + lodos ativados	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + biofiltros aerado submerso	83-93	75-88	87-93	50-85	<60	<35	1-2
UASB + filtro anaeróbio	75-87	70-80	80-90	<50	<60	<35	1-2
UASB + filtro percolador	80-93	73-88	87-93	<50	<60	<35	1-2
UASB + lagoa de polimento	77-87	70-83	73-83	50-60	50-60	>50	3-5
UASB + escoamento superficial	77-90	70-85	80-93	35-65	<65	<35	2-3

Levando-se em consideração as vantagens e desvantagens demonstradas na Tabela 25, optou-se pela utilização de sistemas anaeróbios para o tratamento dos efluentes de reuso. Este sistema dispensa energia elétrica para o seu funcionamento, em virtude de as bactérias não utilizarem oxigênio para sua sobrevivência, além de necessitar menor área para sua implantação, crucial para edifícios inseridos em cidades grandes onde há pouca disponibilidade de área. Contudo, na ausência de lodo, ou seja, início do funcionamento, possui a desvantagem de necessitar um maior tempo para que a partida do processo se inicie. Da mesma maneira, a Tabela 26 demonstra diversas combinações de pós-tratamento possíveis com suas respectivas eficiências. Nesta foi possível concluir que a combinação sugerida de reator UASB + filtro anaeróbio produz resultados satisfatórios se considerado o fato de que este não utiliza energia elétrica para seu funcionamento. Isto se faz possível já que não há necessidade de sistemas de aeração e de que é possível direcionar os fluxos do efluente, através de gravidade, adicionando-se desníveis entre os aparelhos que compõem a ETAC.

Logo, a ETAC (estação de tratamento de águas cinzas) será composta por Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente (FAFA). Além disso, com o intuito de melhorar o aspecto final do efluente, um método de filtração por areia foi introduzido sendo este seguido de desinfecção por pastilhas de cloro para inativação dos coliformes fecais. A etapa de desinfecção é realizada tanto no reservatório inferior de água de reuso tratada quanto no reservatório superior de água de reuso tratada através do dispositivo flutuador de cloro.

6.4 CÁLCULO DO VOLUME DE ÁGUA CINZA DISPONÍVEL

O primeiro passo para o dimensionamento do sistema de tratamento é conhecer o volume de água a ser tratada. Contudo, a utilização de chuveiros varia muito conforme o perfil do usuário, região e cultura. De acordo com Barreto (2008), o consumo médio por habitante nos pontos de utilização pode ser descrito conforme a Tabela 27.

Tabela 27 - Consumo médio diário por aparelho e por morador (Fonte: adaptado de Barreto, 2008)

Ponto de Utilização	Participação (%)	Consumo per capita (L/hab.dia)
Chuveiro	13,9	35,3
Pia de cozinha	12,0	30,3
Máquina de Lavar Roupas	10,9	27,7
Tanquinho de Lavar	9,2	23,3
Tanque com Máquina de Lavar	8,3	21,0
Caixa acoplada	5,5	14,0
Tanque	5,4	13,6
Lavatório	4,2	10,8
Outros usos	30,6	77,4
Total	100,0	262,7

Através dos dados contidos na Tabela 27, estimou-se que o consumo de água nos chuveiros da edificação será de aproximadamente 36 L/dia.hab. Se considerarmos que a população do edifício, calculada em 4.1, é de 49 pessoas, teremos um consumo diário de 1764 L/dia de água potável direcionada para este uso.

Dessa maneira, estipulou-se que o consumo de água potável será muito próximo ao efluente de água cinza gerado pelo uso do aparelho. Portanto, para este

projeto foi adotado uma disponibilidade de 1764 L/dia de água cinza que deverá ser tratada pela ETAC do edifício.

De outra banda, deve-se atentar para o fato de que o volume de água disponível para tratamento deverá ser maior que o volume de água de reuso tratada a ser utilizada no ponto de consumo. Se analisarmos novamente a Tabela 27, o consumo diário proposto para bacias sanitárias com caixa acoplada é de aproximadamente 14 L/dia.habitante. Multiplicando este valor pela população do edifício, teremos um consumo de 686 L/dia de água de reuso tratada. Assim, a disponibilidade de água cinza será superior ao esperado para o ponto de consumo.

A diferença entre a disponibilidade e consumo de água de reuso tratada demonstra ainda que, apesar deste trabalho optar pelo reuso de água apenas nas bacias sanitárias, haveria ainda margem para utilização em outros pontos de consumo, como por exemplo, rega de jardins.

Contudo existem incertezas nos valores aqui calculados, principalmente no que tange a disponibilidade, demanda e qualidade das águas disponíveis no sistema. De fato, se torna inviável prever a real oferta de águas cinzas e demanda de água de reuso, visto que esta depende diretamente do uso dado ao chuveiro e vasos sanitários por cada morador. Não obstante, durante a operação do sistema deve-se manter um rígido controle da qualidade da água cinza que chega até a ETAC, uma vez que o ingresso de substâncias indesejadas, como urina por exemplo, no efluente, poderá alterar substancialmente a qualidade final da água de reuso tratada.

6.5 DIMENSIONAMENTO DO REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

Os dispositivos de tratamento que utilizados neste trabalho serão pré-fabricados em PRFV pela fabricante BAKOF TEC. O fabricante, através de seu memorial técnico, recomenda que o dimensionamento do RAFA seja feito através da seguinte equação:

$$V = N * C * TDH \quad (12)$$

Onde:

N = N^o de contribuintes

C = Contribuição per capita (L/dia)

TDH = Tempo de detenção hidráulica (dias)

O tempo de detenção hidráulico é dado em função da temperatura média do local onde será instalado o dispositivo. A Tabela 28 indica as faixas usuais de TDH segundo a experiência reportada na literatura. Já a eficiência esperada para o sistema, foi calculada através da equação fornecida pelo fabricante:

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0,70 * t^{-0,5}) \quad (13)$$

Onde:

t = tempo de detenção hidráulica (horas)

Tabela 28 - Tempo de Detenção Hidráulica (Chernicharo et al., 1999)

Temperatura, °C	Tempo médio, h	Tempo mínimo, h (*)
16 – 19	>10 – 14	>7 – 9
20 – 26	>6 – 9	>4 – 6
>26	>6	>4
<i>(*) durante 4 a 6 horas</i>		

Para definição dos tempos de detenção hidráulica, utilizou-se as informações climatológicas disponíveis no Portal da Prefeitura de Porto Alegre, em que a temperatura média anual é de 19,5° com variações que vão de 2°C até 20°C no período de inverno. Desta forma, optou-se por utilizar um TDH de 13 horas.

Conhecidos os valores de TDH calculou-se a eficiência esperada para o reator, conforme segue:

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0,70 * 13^{-0,5}) = 81\%$$

Já a determinação do volume do RAFA é dada por:

$$V = 49 * 36 * \left(\frac{13}{24}\right) = 955,5 L$$

Optou-se então por utilizar o RAFA modelo 1600 da fabricante BAKOF TEC, cujo volume útil total é de 1600L.

6.6 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

O procedimento para determinação do volume do FAFA é análogo ao aplicado em 6.8, alterando-se somente as equações para cálculo, onde o fabricante, através de seu memorial técnico, recomenda que o dimensionamento do FAFA seja feito através da seguinte equação:

$$V_u = 1,6 * N * C * T \quad (14)$$

Onde:

V_u = Volume do meio filtrante (L)

N = Número de contribuintes

C = Contribuição diária (L/dia)

T = Tempo de detenção hidráulica (dias)

Utilizando o mesmo tempo de detenção hidráulica calculado em 6.5, obteve-se a eficiência esperada para o filtro através da equação abaixo:

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 1 * t^{-0,55}) \quad (15)$$

Onde:

t = tempo de detenção hidráulica (horas)

Assim, para a situação disposta no trabalho, utilizando um TDH igual a 13 horas, estipulou-se a eficiência de tratamento do FAFA pela equação 13.

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 1 * 13^{-0,55}) = 76\%$$

Já o volume do Filtro foi encontrado por meio da equação 14.

$$V_u = 1,6 * 49 * 36 * \left(\frac{13}{24}\right) = 1528,8 L$$

Optou-se então por utilizar o FAFA modelo 1600 da fabricante BAKOF TEC, cujo volume útil total é de 1600L.

6.7 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TOTAL DO SISTEMA DE TRATAMENTO

O sistema composto pelo RAFA e FAFA aqui dimensionados precisa garantir uma diminuição da concentração mínima de DBO do efluente, passando de 170 mg/L para menos de 10 mg/L, como visto no item 6.2. Portanto, devemos verificar se o sistema terá a eficiência desejada. Os cálculos a seguir elucidam esta análise.

Redução de DBO na primeira etapa do tratamento – Considerando eficiência igual a 81% na redução da concentração:

$$170 \frac{mg}{L} * (1 - 0,81) = 33,00 \text{ mg/L}$$

Redução de DBO na segunda etapa do tratamento – Considerando eficiência igual a 76% na redução da concentração:

$$33,00 \frac{mg}{L} * (1 - 0,76) = 8,05 \text{ mg/L}$$

Logo, ao fim dos processos de tratamento anaeróbio a taxa de concentração da DBO do efluente é de 8,05 mg/L, sendo assim menor que o limite de 10 mg/L estipulado na Tabela 23.

Contudo, estes cálculos devem ser vistos com cautela, devido a imprevisibilidade do que os moradores podem introduzir no sistema durante o banho. Por exemplo, em algumas regiões brasileiras, as pessoas possuem o hábito de urinar durante o banho, alterando consideravelmente os parâmetros do efluente gerado nos chuveiros. Por tanto, deve-se manter constante controle dos parâmetros da água tanto ao início quanto ao fim de seu tratamento para que os devidos ajustes sejam realizados conforme o uso.

6.8 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO DE AREIA E CARVÃO

De forma a melhorar o aspecto visual da água utilizada na descarga dos vasos sanitários, o processo de filtração com areia e carvão foi utilizado. Este processo remove os materiais sólidos que persistem no efluente após as primeiras etapas de tratamento (RAFA e FAFA).

A remoção dos sólidos promove uma redução na turbidez e promove maior qualidade da água ao final do tratamento. O filtro utilizado é da fabricante BAKOF TEC e possui fluxo descendente. O volume a ser utilizado é de 2500 L que garante TDH suficiente para um consumo diário de água de reuso tratada.

6.9 PROCESSO DE DESINFECÇÃO

A última etapa do tratamento na ETAC foi dada pelo processo de desinfecção que deverá reduzir os patógenos presentes no efluente tratado. Este processo será realizado através do uso de pastilhas de cloro inseridas em um dispositivo flutuador que ficará no interior de ambos os reservatórios de água de reuso tratada, localizado ao fim da ETAC. O dispositivo pode variar a quantidade de cloro que é inserida na água através de uma pequena abertura contida na parte inferior do dispositivo, conforme mostrado na Figura 16. Considerando que a demanda de água de reuso tratada é de aproximadamente 700 L/dia e que o sistema possui capacidade para reservação de 2000 L, as bombas de recalque de água de reuso serão acionadas uma vez por dia quando o RS atingir 30% da capacidade, garantindo que haja tempo de contato suficiente entre a água de reuso e o clorador. Contudo, de forma a garantir que o tempo de contato da água de reuso com o cloro seja suficiente, adotou-se um clorador secundário no reservatório superior. Logo, o sistema de desinfecção da ETAC é feito em duas etapas, uma no reservatório inferior e outra no reservatório superior de água de reuso tratada.

Figura 16 - Flutuador de Cloro (Fonte: HTH)



7 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA REUSO

O processo de dimensionamento de reservação e recalque do sistema de água de reuso é análogo ao visto no item 4 deste trabalho.

Algumas modificações foram realizadas de maneira a garantir que, mesmo havendo interrupção no fornecimento hídrico de reuso ou falta de efluente a ser tratado, exista a possibilidade de fornecimento de água potável no reservatório superior de água de reuso.

Este sistema se dá através do uso de válvulas solenoide (Figura 18) que, em conjunto com as chaves de boia (Figura 19) e um sistema de controle é realizado o gerenciamento do sistema de bombas, adaptando o caminho que a água deverá seguir, selecionando entre o reservatório superior de água potável e o reservatório superior de água de reuso tratada. O qual está instalado na tubulação de recalque de água fria, a montante de ambos os reservatórios como pode ser visto, destacado em vermelho, na Figura 17. Além disso, foi previsto a instalação de uma válvula de retenção na tubulação, a jusante das válvulas solenoides, visando evitar uma possível contaminação do sistema de água potável através do retorno não desejado de água de reuso pela tubulação.

Figura 17 - Sistema de reservação superior

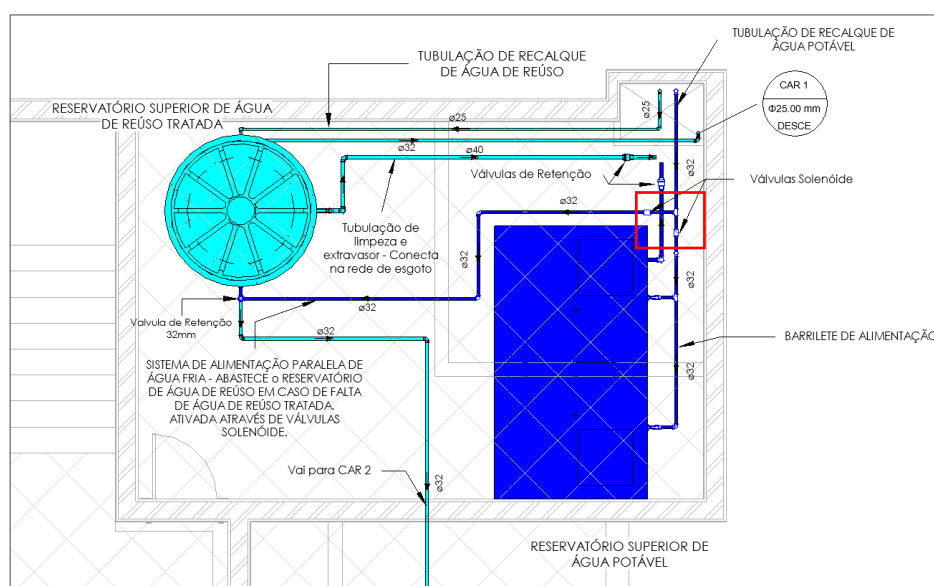


Figura 18 - Válvula Solenoide (Fonte: Nascimetal)



Figura 19 - Chave boia (Fonte: Fame)



7.1 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

A disponibilidade hídrica de 1764 L/dia de afluentes cinzas foi calculada no item 6.4. Sabendo da necessidade de prever dois reservatórios para o sistema, um superior e um inferior, e conhecendo os volumes dos reservatórios comercializados no mercado, optou-se por utilizar dois reservatórios de 1000L cada, o que totaliza uma reservação de 2000L de água de reuso para o edifício.

7.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RECALQUE

O procedimento de dimensionamento do sistema de recalque é análogo ao visto no item 4.5.

7.2.1 Dimensionamento da tubulação de recalque

Através das equações 6, 7 e 8 se obtém os valores de vazão de recalque de águas de reuso, fator de funcionamento e diâmetro de recalque, conforme:

Adotou-se consumo diário de 2 m³/dia e tempo de funcionamento da bomba de 2 horas:

$$Qr = \frac{2}{2 * 3600} = 0,0002778 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Ffun = \frac{2 \text{ hrs}}{24 \text{ hrs}} = 0,08333$$

$$Dr = 1,3 * \sqrt{0,0002778} * \sqrt[4]{0,0833} = 0,0116 \text{ m}$$

O diâmetro nominal de recalque adotado é de 25 mm.

7.2.2 Dimensionamento da tubulação de sucção

Seguindo o procedimento análogo ao da tubulação de água fria, adotou-se a bitola nominal imediatamente superior ao diâmetro de recalque, ou seja, 32mm.

7.2.3 Dimensionamento das bombas de recalque

As bombas de recalque foram dimensionadas seguindo o disposto no item 4.5.3 deste trabalho. O cálculo da curva do sistema é apresentado através da Tabela 29,

Tabela 30 e Tabela 31.

Tabela 29 - Determinação da curva do sistema água de reuso

Vazão	Sucção DN 32mm - DI 27,8				Recalque DN 32mm - DI 21,6				Hs+Hr	hg	Hm
	Perda de carga unitária	Comprimentos			Perda de carga unitária	Comprimentos					
		Real	Equiv.	Total		Real	Equiv.	Total			
m ³ /h	mca/m	m	m	m	mca/m	m	m	m	mca	mca	mca
0	0,0000	1,9788	12,5	14,479	0,0000	38,97	16,1	55,07	0	26,56	26,56
0,25	0,0011	1,9788	12,5	14,479	0,0374	38,97	16,1	55,07	0,2225	26,56	26,78
0,5	0,0038	1,9788	12,5	14,479	0,1259	38,97	16,1	55,07	0,7483	26,56	27,31
0,75	0,0077	1,9788	12,5	14,479	0,2560	38,97	16,1	55,07	1,5214	26,56	28,08
1	0,0128	1,9788	12,5	14,479	0,4235	38,97	16,1	55,07	2,517	26,56	29,08
1,25	0,0189	1,9788	12,5	14,479	0,6258	38,97	16,1	55,07	3,7195	26,56	30,28
1,5	0,0260	1,9788	12,5	14,479	0,8610	38,97	16,1	55,07	5,1174	26,56	31,68
1,75	0,0340	1,9788	12,5	14,479	1,1276	38,97	16,1	55,07	6,7021	26,56	33,26
2	0,0430	1,9788	12,5	14,479	1,4244	39,97	16,1	56,07	8,6087	27,56	36,17
2,25	0,0528	1,9788	12,5	14,479	1,7505	39,97	16,1	56,07	10,579	28,56	39,14

Tabela 30 - Comprimento equivalente das conexões de sucção de reuso

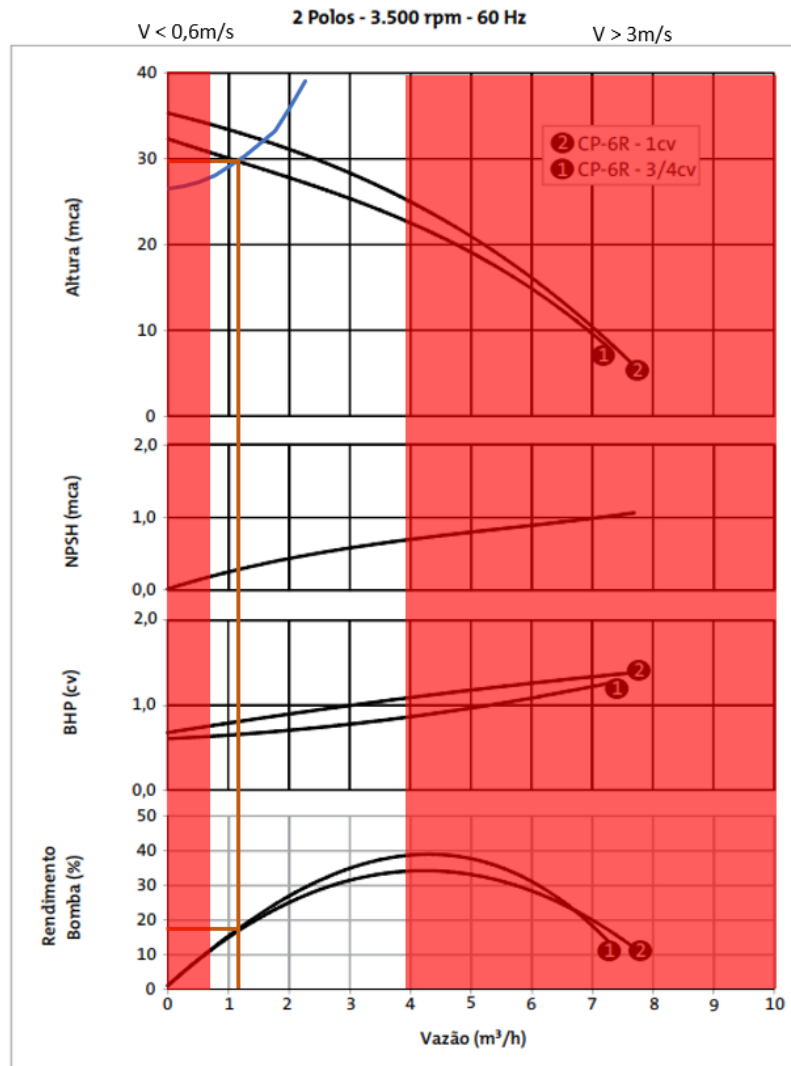
Comprimento equivalente das conexões de sucção				
Ø	Tipo de conexão	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
32	Joelho 90	3	1,5	4,5
32	Tê saída de Lado	2	3,1	6,2
32	Registro de gaveta	2	0,3	0,6
32	Entrada de borda	1	1,2	1,2
			Total (m)	12,5

Tabela 31 - Comprimento equivalente das conexões de recalque de reuso

Comprimento equivalente das conexões de recalque				
Ø	Tipo de conexão	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
25	Joelho 45	2	0,5	1
25	Tê saída de Lado	1	2,4	2,4
25	Registro de gaveta	1	0,2	0,2
25	Válvula retenção	1	4,1	4,1
25	Joelho 90	7	1,2	8,4
			Total (m)	16,1

Para garantir o melhor rendimento da bomba, determinou-se a faixa de vazões das quais as velocidades sejam maiores que 0,6 m/s e menores que 3,0 m/s. A Figura 20 mostra a curva do sistema traçada sobre a curva da bomba, assim como ponto de funcionamento do sistema. Em vermelho estão destacadas as vazões para as quais as velocidades ultrapassam os limites mínimos e máximos estipulados. Assim, foi encontrada para o sistema uma vazão de 1,15 m³/h, altura manométrica de 29,8 mca e eficiência de 18%.

Figura 20 - Curva do sistema e curva da bomba de reuso



Através da curva do sistema disponível na Figura 20, o cálculo de potência da bomba é dado por:

$$N_B = \frac{1000 * 0,00031944 * 29,8}{75 * 0,18} = 0,71 \text{ CV}$$

A potência do motor é calculada por:

$$N_M = \frac{0,71}{0,9} = 0,8 \text{ CV}$$

Através dos valores disponíveis na Tabela 7, majorou-se a potência calculada do motor em 50%, ou seja, a potência final é de 1,2 CV.

Por fim, adotou-se duas bombas Dancor CP-6R de 3/4 CV.

7.3 DIMENSIONAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REUSO

Conforme explanado em 2.1.3, apenas o sistema de abastecimento de água de reuso das bacias sanitárias foi dimensionado. O procedimento de cálculo utilizado segue a recomendação da NBR 5626/1998 onde se utiliza o método dos pesos relativos. Este método leva em consideração a probabilidade de uso simultâneo de diferentes aparelhos, atribuindo pesos aos pontos de utilização em função da máxima vazão provável de projeto. A Tabela 32 demonstra o roteiro de cálculo sugerido pela norma, enquanto a Tabela 33 fornece os pesos relativos de cada aparelho sanitário.

Para o dimensionamento, utilizou-se o software Revit para realizar o esquema isométrico da tubulação. Feito isso prosseguiu-se com o reconhecimento dos elementos de conexão e demais aparelhos que compõem a tubulação. Neste caso cada uma das duas colunas de distribuição (CAR1 e CAR2) que compõem o projeto terá a contribuição de 7 vasos sanitários, cada um com peso relativo igual a 0,3.

O próximo passo do dimensionamento utilizou a tabela de cálculo disponibilizada pela NBR 5626/1988. Nesta tabela foram dispostos os trechos da tubulação, iniciando-se pelos barriletes do reservatório em direção às colunas de distribuição e pôr fim aos pontos de consumo de cada pavimento. Após alimentada a tabela com os dados supracitados, prosseguiu-se com a verificação das vazões de projeto através da equação 16. Esta é dada em função da somatória de pesos de cada trecho. Em seguida, através do ábaco disponível na Figura 21 foram determinados os diâmetros mínimos da tubulação em função do peso a elas atribuídos, servindo como referência para o início do cálculo. Por conseguinte, foram calculadas as velocidades de escoamento dos tubos através da equação 17. Esta verificação visa garantir que a velocidade de escoamento fique entre os valores de 0,6 m/s e 3 m/s.

Para definir a pressão disponível ao final de cada trecho, alimentou-se a tabela com os comprimentos reais da tubulação bem como os comprimentos equivalentes, estes referentes as conexões e demais aparelhos que compõem o traçado. A perda de carga da tubulação foi calculada através da equação 9, onde multiplicou-se o comprimento real e equivalente da tubulação pela perda de carga unitária de cada trecho do sistema. A pressão disponível no ponto de saída do barrilete é a própria altura do reservatório subtraída da perda de carga no trecho. Já as pressões

disponíveis nos trechos a jusante serão as pressões residuais no trecho a montante somadas as diferenças de cotas entre cada ponto de análise.

No que tange as pressões, a norma afirma que em nenhum ponto da tubulação as pressões poderão ser inferiores a 5 kPa. Além disso, no ponto de consumo, os valores mínimos para pressão estabelecidos pela norma são de 10 kPa. Por fim, todas as tubulações de distribuição dimensionadas neste trabalho se encontram em um intervalo de pressão e velocidades aceitável pela NBR 5626/1998.

As tabelas de dimensionamento de ambos os barriletes, colunas de abastecimentos e ramais de água estão dispostos no Apêndice A.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P_{eso}} \quad (16)$$

Onde:

Q = Vazão

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D_{int}^2} \quad (17)$$

Onde:

V = Velocidade (m/s)

D_{int} = Diâmetro interno da tubulação (m)

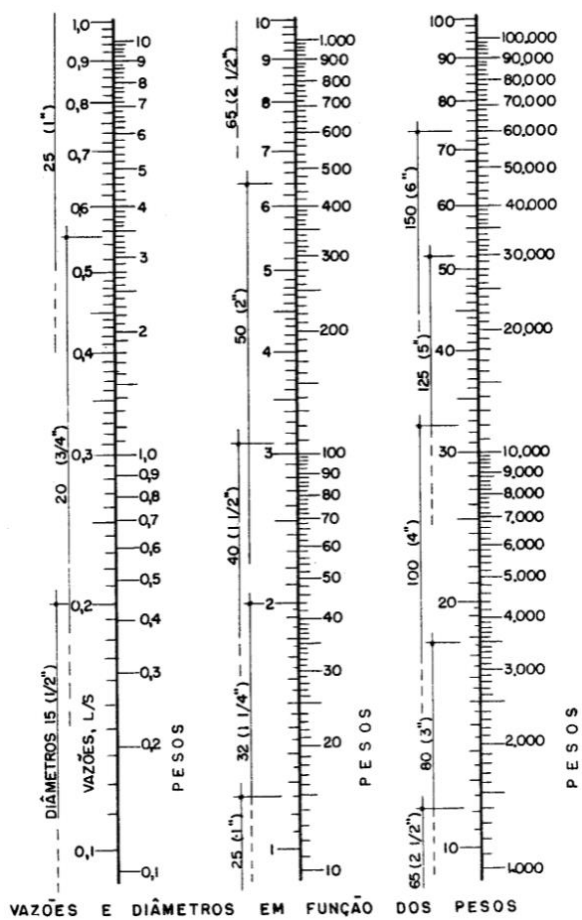
Tabela 32 - Passos para dimensionamento da rede de distribuição de água (Fonte: NBR 5626/1998)

Passo	Atividade	Coluna a preencher
1º	Preparar o esquema isométrico da rede e numerar sequencialmente cada nó ou ponto de utilização desde o reservatório ou desde a entrada do caivete	-
2º	Introduzir a identificação de cada trecho da rede na planilha	1
3º	Determinar a soma dos pesos relativos de cada trecho, usando a Tabela A.1	2
4º	Calcular para cada trecho a vazão estimada, em litros por segundo, com base na equação apresentada em A.1.2	3
5º	Partindo da origem de montante da rede, selecionar o diâmetro interno da tubulação de cada trecho, considerando que a velocidade da água não deva ser superior a 3 m/s. Registrar o valor da velocidade e o valor da perda de carga unitária (calculada pelas equações indicadas em A.2.1) de cada trecho	4, 5 e 6
6º	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário.	7
7º	Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo à pressão residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água (10kN/m³)	8
8º	Medir o comprimento real do tubo que compõe cada trecho considerado	9
9º	Determinar o comprimento equivalente de cada trecho somando ao comprimento real os comprimentos equivalentes das conexões	10
10º	Determinar a perda de carga de cada trecho, multiplicando os valores das Colunas 6 e 10 da planilha	11
11º	Determinar a perda de carga provocada por registros e outras singularidades dos trechos	12
12º	Obter a perda de carga total de cada trecho, somando os valores das colunas 11 e 12 da planilha	13
13º	Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total (Coluna 13) da pressão disponível (Coluna 8)	14
14º	Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, ou se a pressão for negativa, repetir os passos 5º ao 13º, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho	-

Tabela 33 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização (Fonte: NBR 5626/1998)

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

Figura 21 - Ábaco de diâmetros em função dos pesos e vazões



8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso para a realização de um projeto hidrossanitário de uma edificação multifamiliar. Através de soluções tradicionais do mercado em conjunto com alternativas mais sustentáveis buscou-se combinar a economia financeira à preservação do meio ambiente.

Para tanto, procurou-se utilizar um sistema de fácil implantação, manutenção e custo para tratamento dos efluentes do chuveiro, posteriormente utilizados para descarga de bacias sanitárias.

Não obstante, o projeto procurou atentar aos detalhes, garantindo que a implantação do sistema seja facilitada *in loco*, garantindo que os materiais utilizados estejam disponíveis para fácil obtenção no mercado.

Este processo demonstra a importância de profissionais capacitados no mercado de trabalho, especialmente em uma área tão escassa de profissionais habilitados como é a área hidrossanitária.

Portanto, levando-se em consideração a disponibilidade de materiais e mão-de-obra disponível no Brasil, vislumbrou-se a viabilidade de implantação dos conceitos aqui discutidos.

9 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999

BAKOFTEC. **Memorial Técnico Sistema RAFA/FAFA 1.600**. Disponível em: <http://bakofengenharia.com.br/storage/memorial_produto/Memorial%20T%C3%A9cnico%20RAFA%20-%20FAFA%201.600_1601037261.pdf>

BARRETO, D. **Perfil do consumo residencial e usos finais da água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6149/1/Bazzarella_BB_2005.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CHERNICHARO, C. A., VAN HAANDEL, A., AISSE, M. M. E CAVALCANTI, P. F. (1999). "Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo." In : Campos, J. R. (coordenador) Tratamento de esgoto sanitário por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Projeto PROSAB, Belo Horizonte, Brasil.

FAEDO, A.M.; **Tecnologias convencionais e novas alternativas para o tratamento de efluentes domésticos**. Trabalho de conclusão de especialização para obtenção do título de especialista em Eng. Do Controle da Poluição Ambiental – Universidade Do Sul de Santa Catarina Florianópolis. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/andrea_maria_faedo.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FERNANDES, V. M. C. Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos. Universidade de Passo Fundo. Disponível em: <<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/padroesreusoaguaii.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2021.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa do reuso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/viewFile/3676/2042>>. Acesso em: 18 jun. 2020.

PORTO ALEGRE, Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Decreto n. 9369**, de 18 de agosto de 1988. Regulamenta a Lei Complementar n.170, de 31 de dezembro de 1987, alterada pela Lei Complementar n. 180, de 18 de agosto de 1988, que estabelece normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico. **Clima de Porto Alegre**. Disponível em:
<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/turismo/default.php?p_secao=260>.
Acesso em: 10 mai. 2020.

TIGRE. **Catálogo técnico água fria**. Disponível em:
<<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2020.

10 APÊNDICE A – TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO

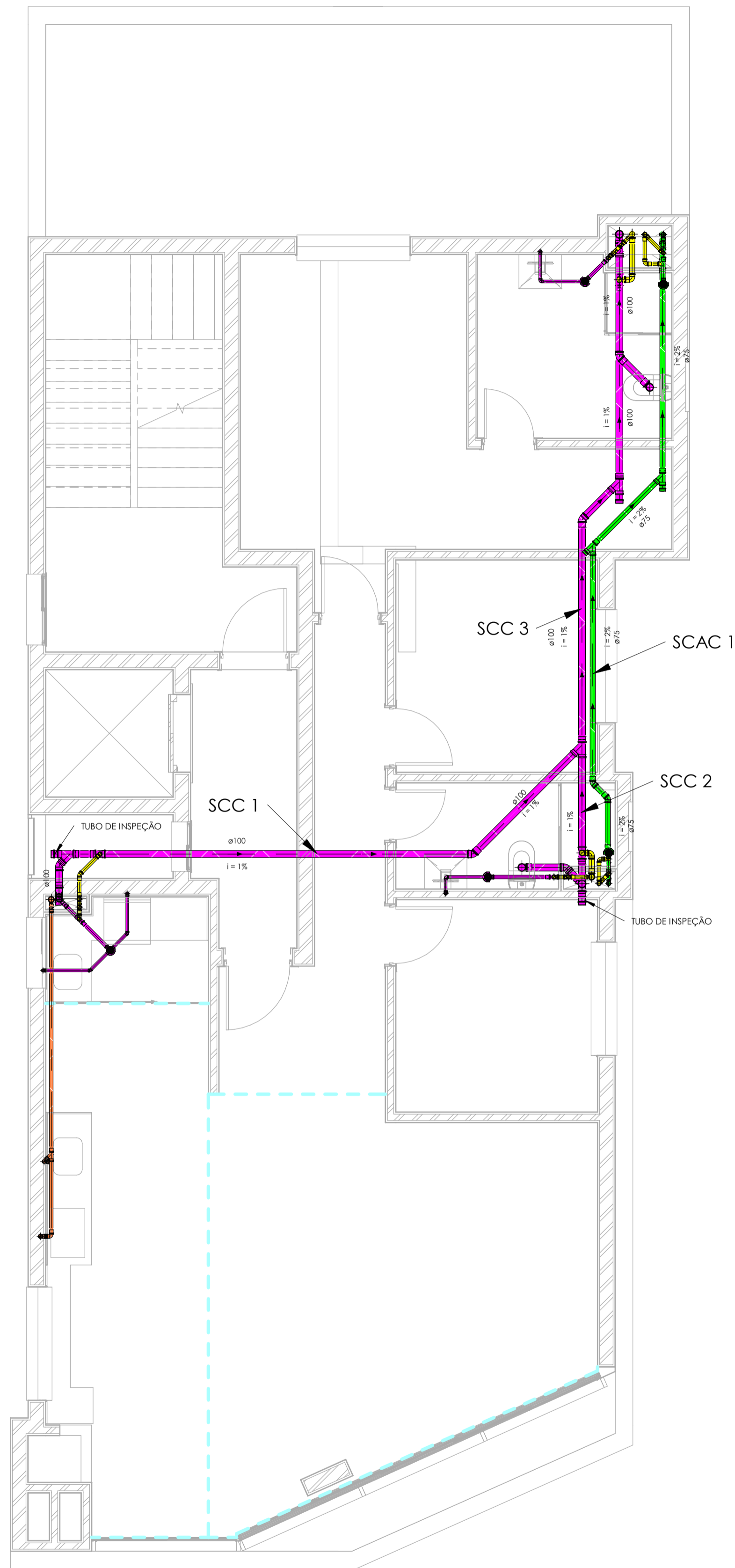
Tabela A1 - Dimensionamento do sistema de abastecimento de água de reuso – Barrilete 1 – CAR 1

Barrilete / coluna / ramal	Trecho	Pesos	Vazão	Ábaco	Diâmetro Interno Fabricante	Diâmetro Nominal	Velocidade	Para verificação de velocidade (V<3m/s e V<14(D)0,5)	Perda de carga unitária	Diferença de cotas Sobe (-) Desce (+)	Pressão disponível	Comprimentos			Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Confere
												Real	Equivalente	Total	Tubos	Conexões e Registros	Total			
(1)	(2)	ΣP	(l/s)		(mm)	(mm)	(m/s)		(kPa/m)	(m)	(kPa)	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	
Barrilete 1	X-Y	2,1	0,43	15,00	27,80	32	0,72	OK	0,2797	1,5	15,0	1,5	19,2	20,7	0,420	5,370	5,790	9,210	5,0	ok
	Y-Z	2,1	0,43	15,00	27,80	32	0,72	OK	0,2797	0,0	9,2	4,9	1,5	6,4	1,371	0,420	1,790	7,420	5,0	ok
CAR 1	Z-7	2,1	0,43	15,00	21,60	25	1,19	OK	0,9274	2,8	35,2	2,8	3,6	6,4	2,572	3,339	5,911	29,247	5,0	ok
	7-6	1,8	0,40	15,00	21,60	25	1,10	OK	0,8104	3,0	58,8	3,0	3,2	6,2	2,394	2,593	4,988	53,805	5,0	ok
	6-5	1,5	0,37	15,00	21,60	25	1,00	OK	0,6909	3,0	83,4	3,0	3,2	6,2	2,041	2,211	4,252	79,099	5,0	ok
	5-4	1,2	0,33	15,00	21,60	25	0,90	OK	0,5683	3,0	108,6	3,0	3,2	6,2	1,679	1,819	3,498	105,147	5,0	ok
	4-3	0,9	0,28	15,00	21,60	25	0,78	OK	0,4419	3,0	134,7	3,0	3,2	6,2	1,306	1,414	2,719	131,974	5,0	ok
	3-2	0,6	0,23	15,00	21,60	25	0,63	OK	0,3099	3,0	161,5	3,0	3,2	6,2	0,916	0,992	1,907	159,612	5,0	ok
	2-1	0,3	0,16	15,00	21,60	25	0,45	OK	0,1690	3,0	189,2	3,0	2	5,0	0,499	0,338	0,837	188,321	5,0	ok
PAV-7	7-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	29,2	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	14,765	10,0	ok
PAV-6	6-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	53,8	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	39,324	10,0	ok
PAV-5	5-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	79,1	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	64,617	10,0	ok
PAV-4	4-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	105,1	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	90,666	10,0	ok
PAV-3	3-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	132,0	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	117,492	10,0	ok
PAV-2	2-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	159,6	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	145,131	10,0	ok
PAV-1	1-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	188,3	1,5	13,700	15,2	0,782	7,220	14,482	173,840	10,0	ok

Tabela A2 - Dimensionamento do sistema de abastecimento de água de reuso – Barrilete 2 – CAR 2

Barrilete / coluna / ramal	Trecho	Pesos	Vazão	Ábaco	Diâmetro Interno Fabricante	Diâmetro Nominal	Velocidade	Para verificação de velocidade (V<3m/s e V<14(D)0,5)	Perda de carga unitária	Diferença de cotas		Pressão disponível	Comprimentos			Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Confere
										Sobe (-)	Desce (+)		Real	Equivalente	Total	Tubos	Conexões e Registros	Total			
										(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)			
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(6)	(7)		(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)			
Barrilete 2	J-K	2,1	0,43	15,00	35,20	40	0,45	OK	0,0912	1,5	15,0	1,5	20,8	22,3	0,137	1,896	2,033	12,967	5,0	ok	
	K-L	2,1	0,43	15,00	27,80	32	0,72	OK	0,2797	0,0	13,0	10,6	4,5	15,1	2,954	1,259	4,212	8,754	5,0	ok	
CAR 2	L-7	2,1	0,43	15,00	21,60	25	1,19	OK	0,9274	2,8	36,5	2,8	3,9	6,7	2,572	3,617	6,189	30,303	5,0	ok	
	7-6	1,8	0,40	15,00	21,60	25	1,10	OK	0,8104	3,0	59,8	3,0	3,2	6,2	2,394	2,593	4,988	54,862	5,0	ok	
	6-5	1,5	0,37	15,00	21,60	25	1,00	OK	0,6909	3,0	84,4	3,0	3,2	6,2	2,041	2,211	4,252	80,155	5,0	ok	
	5-4	1,2	0,33	15,00	21,60	25	0,90	OK	0,5683	3,0	109,7	3,0	3,2	6,2	1,679	1,819	3,498	106,204	5,0	ok	
	4-3	0,9	0,28	15,00	21,60	25	0,78	OK	0,4419	3,0	135,7	3,0	3,2	6,2	1,306	1,414	2,719	133,030	5,0	ok	
	3-2	0,6	0,23	15,00	21,60	25	0,63	OK	0,3099	3,0	162,6	3,0	3,2	6,2	0,916	0,992	1,907	160,669	5,0	ok	
	2-1	0,3	0,16	15,00	21,60	25	0,45	OK	0,1690	3,0	190,2	3,0	2	5,0	0,499	0,338	0,837	189,378	5,0	ok	
PAV-7	7-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	30,3	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	16,402	10,0	ok	
PAV-6	6-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	54,9	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	40,960	10,0	ok	
PAV-5	5-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	80,2	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	66,254	10,0	ok	
PAV-4	4-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	106,2	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	92,302	10,0	ok	
PAV-3	3-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	133,0	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	119,129	10,0	ok	
PAV-2	2-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	160,7	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	146,767	10,0	ok	
PAV-1	1-VS	0,3	0,16	15,00	17,00	20	0,72	OK	0,5270	0,0	189,4	0,4	13,700	14,1	0,201	7,220	13,901	175,476	10,0	ok	

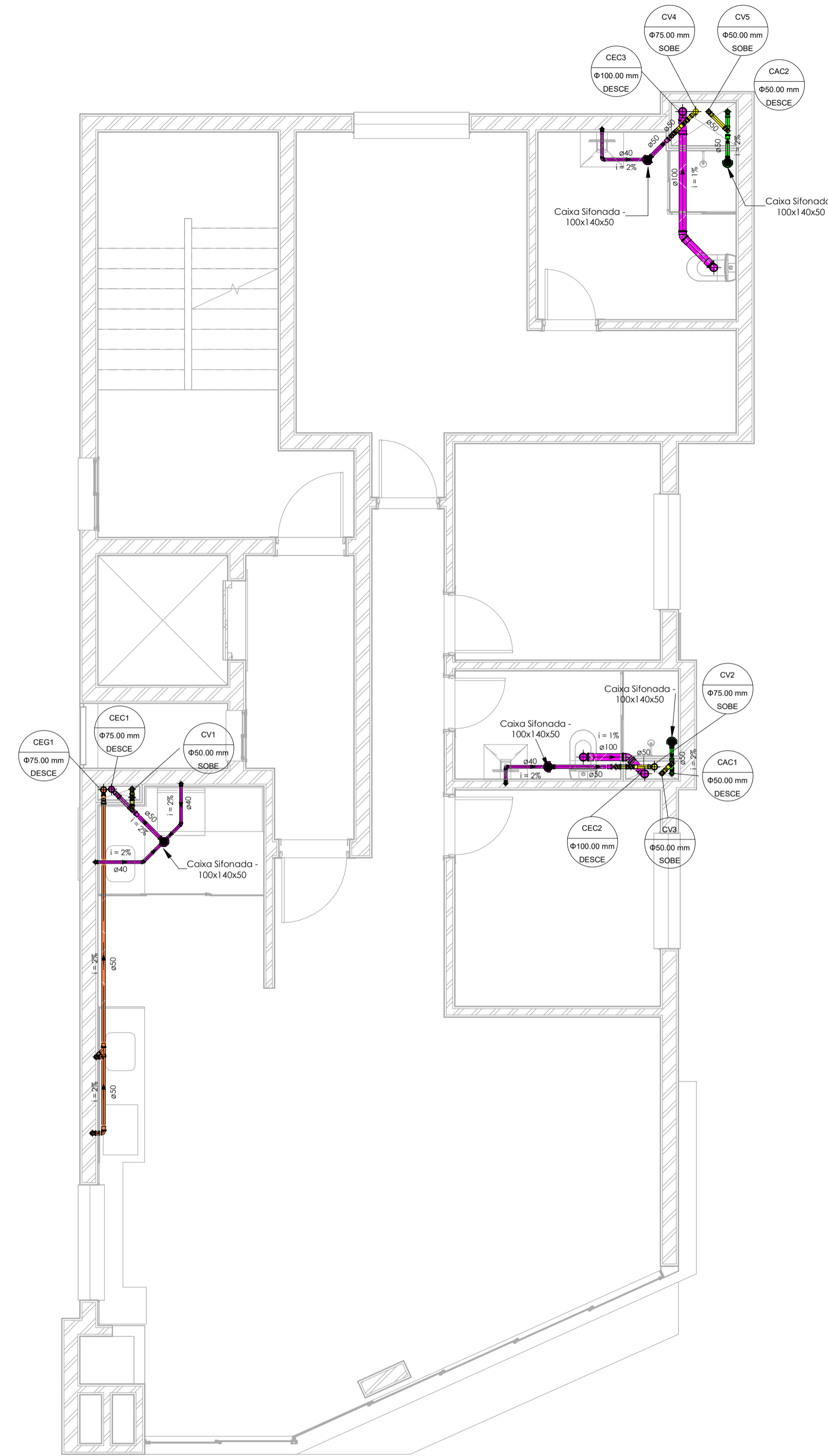
11 APÊNDICE B – PLANTAS E DETALHAMENTOS



Legenda De Sistemas

- Esgoto Cloacal
- Esgoto Gordura
- Esgoto Águas Cinzas
- Ventilação
- Água fria doméstica
- Água fria reuso

1 2º PAV - DETALHAMENTO DOS TUBOS SUBCOLETORES
Escala: 1 : 50



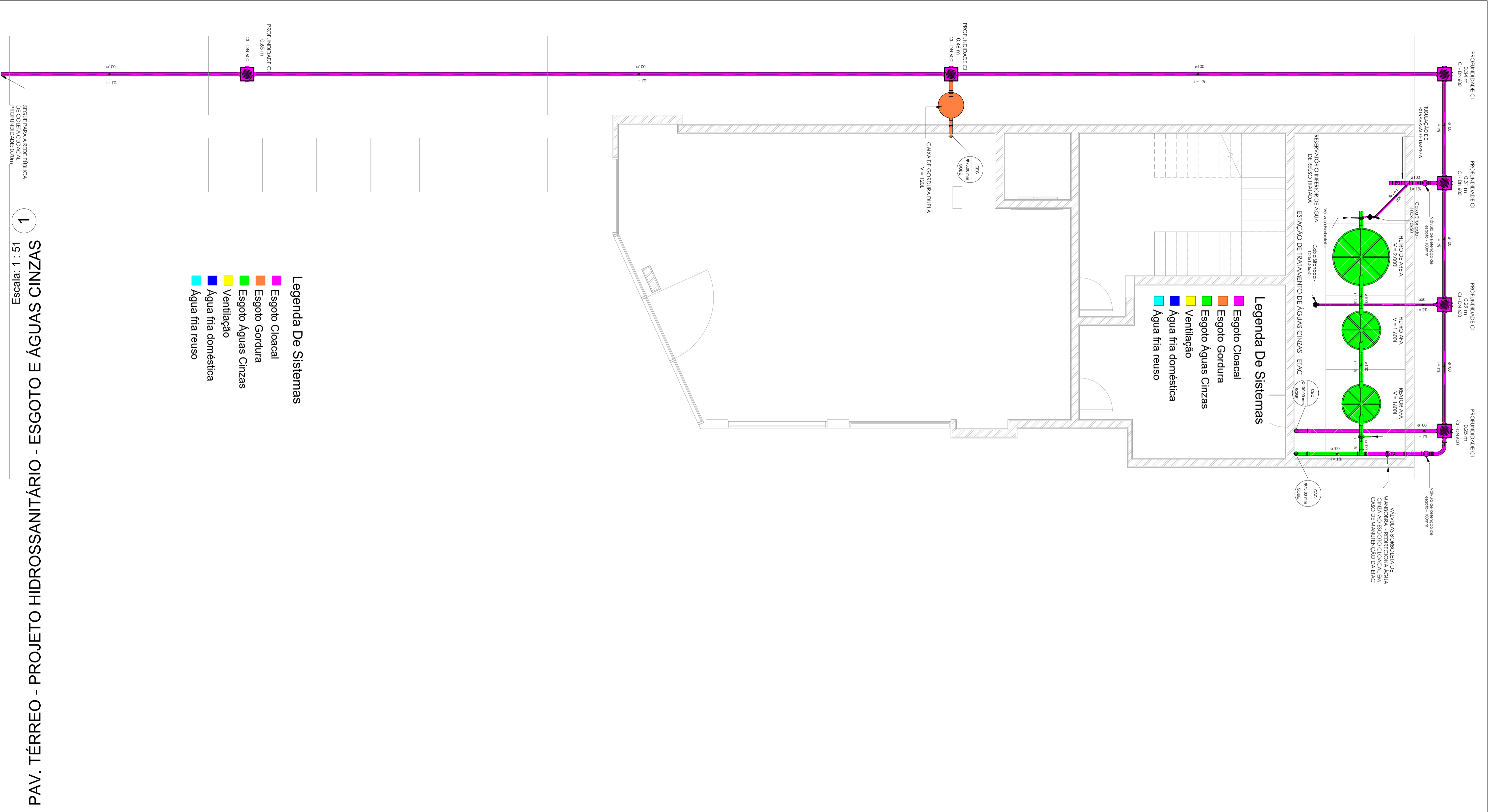
Legenda De Sistemas

- Esgoto Cloacal
- Esgoto Gordura
- Esgoto Águas Cinzas
- Ventilação
- Água fria doméstica
- Água fria reuso

2 PAV. TIPO - ESGOTO E ÁGUAS CINZAS
Escala: 1 : 50

CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021

CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021



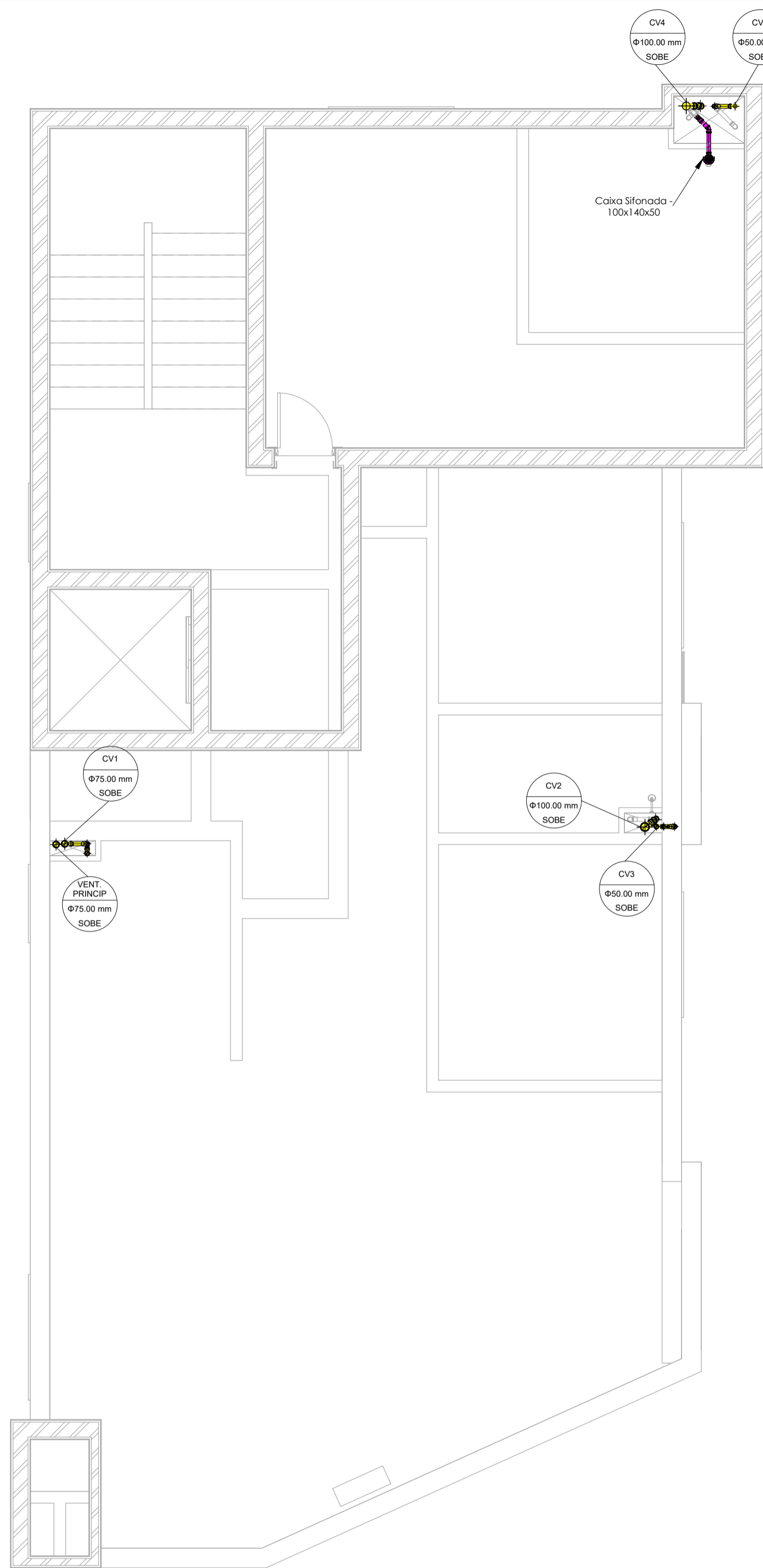
- Legenda De Sistemas**
- Esgoto Cloacal
 - Esgoto Gordura
 - Esgoto Águas Cinzas
 - Ventilação
 - Água fria doméstica
 - Água fria reuso

PAV. TÉRREO - PROJETO HIDROSSANITÁRIO - ESGOTO E ÁGUAS CINZAS

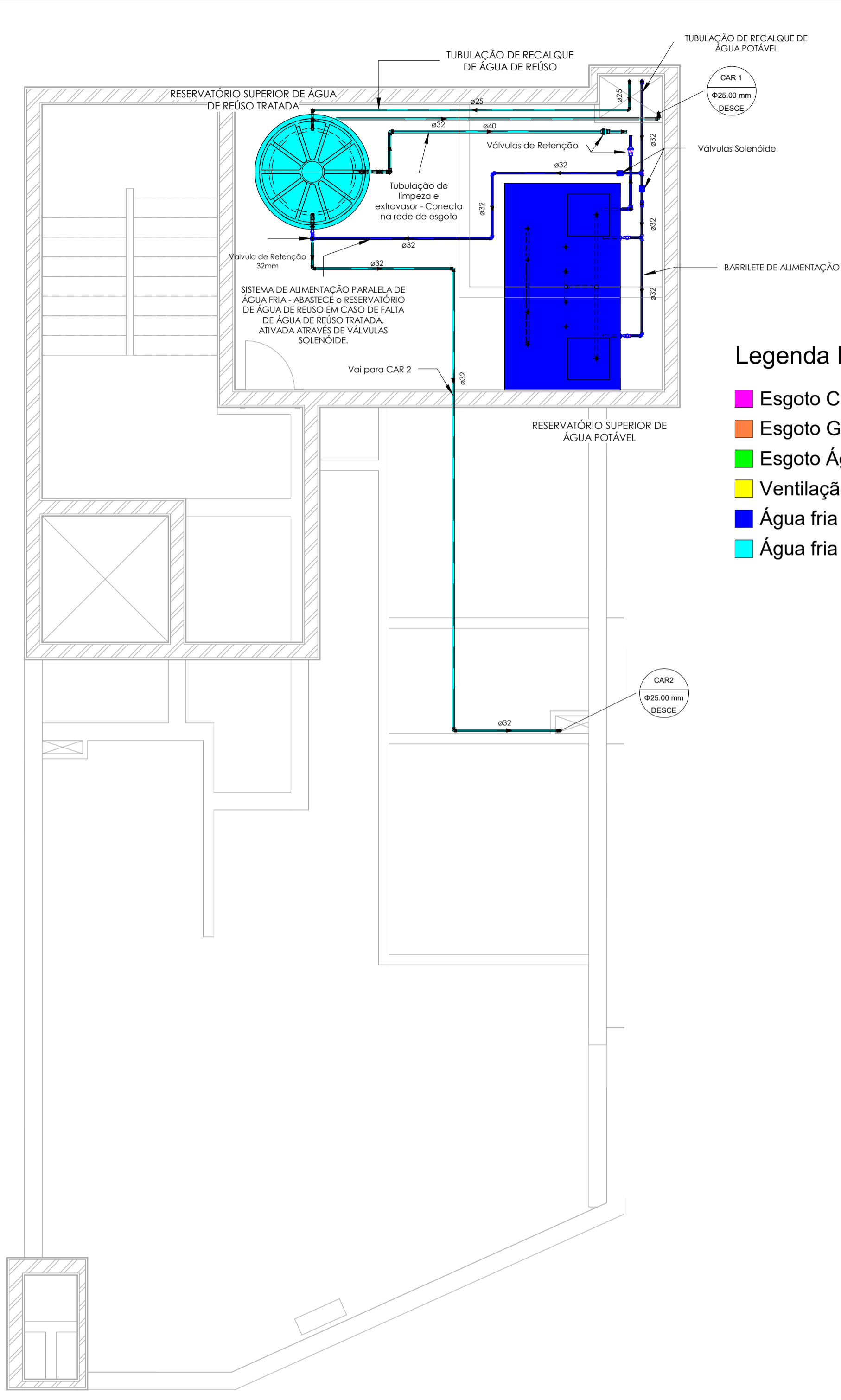
Escala: 1 : 51

1

SEGUIE PARA A REDE PÚBLICA DE COLETA CLOACAL PROFUNDIDADE 0,70m



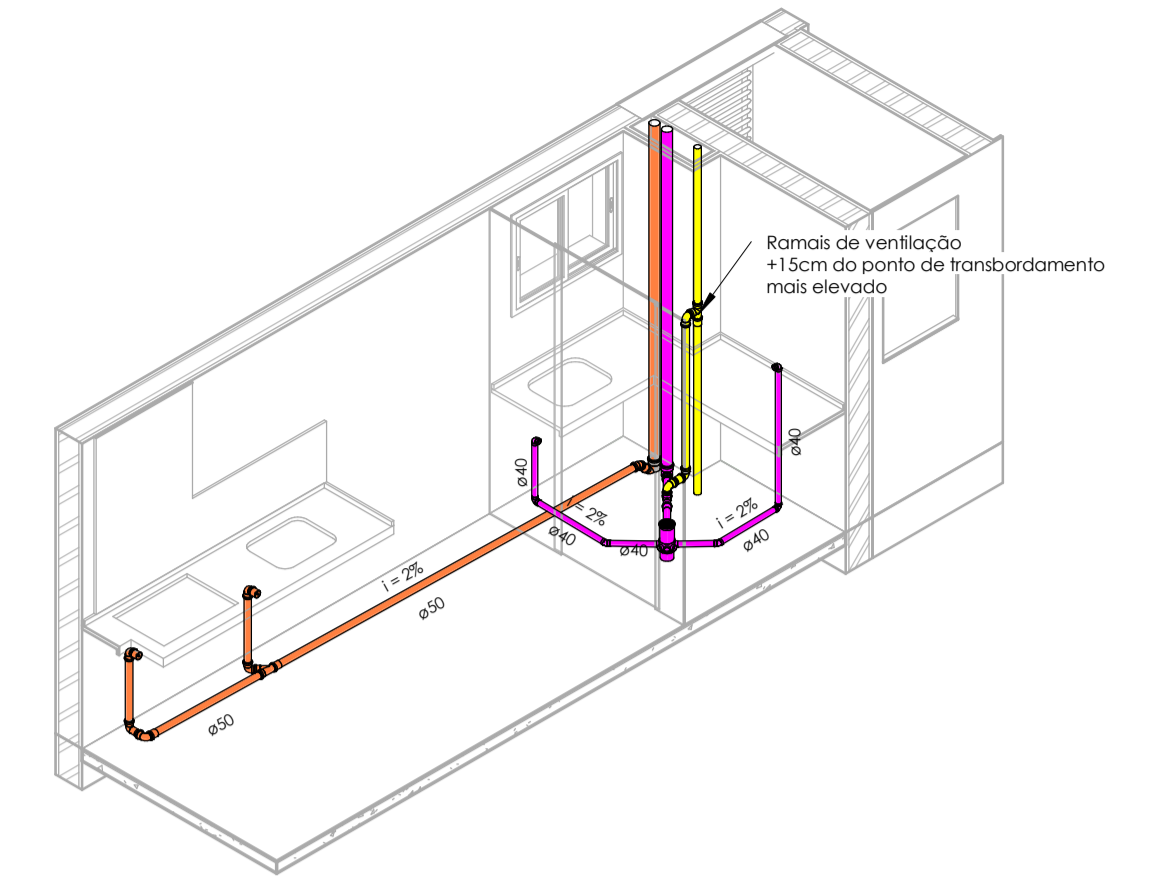
1 ÚLTIMO PAVIMENTO - PROJETO HIDROSSANITÁRIO
Escala: 1 : 50



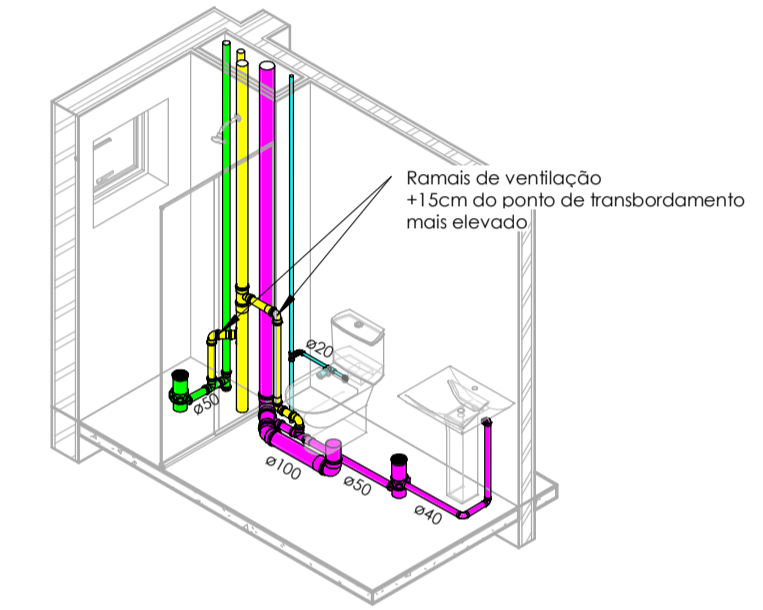
2 9º Pavimento - PROJETO HIDROSSANITÁRIO - AF E REUSO
Escala: 1 : 50

Legenda De Sistemas

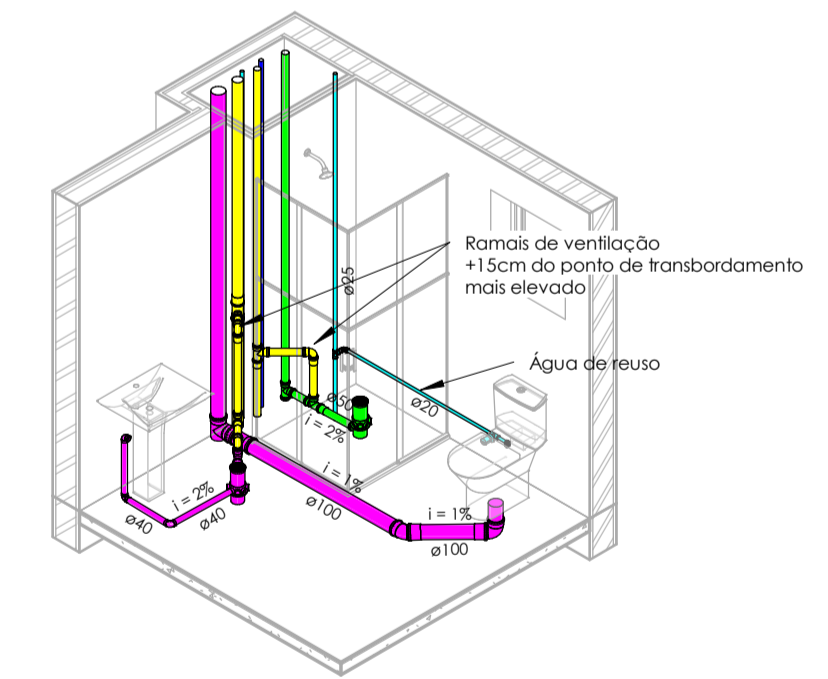
- Esgoto Cloacal
- Esgoto Gordura
- Esgoto Águas Cinzas
- Ventilação
- Água fria doméstica
- Água fria reuso



5 VISTA ISOMÉTRICA - COZINHA E LAVANDERIA
Escala:

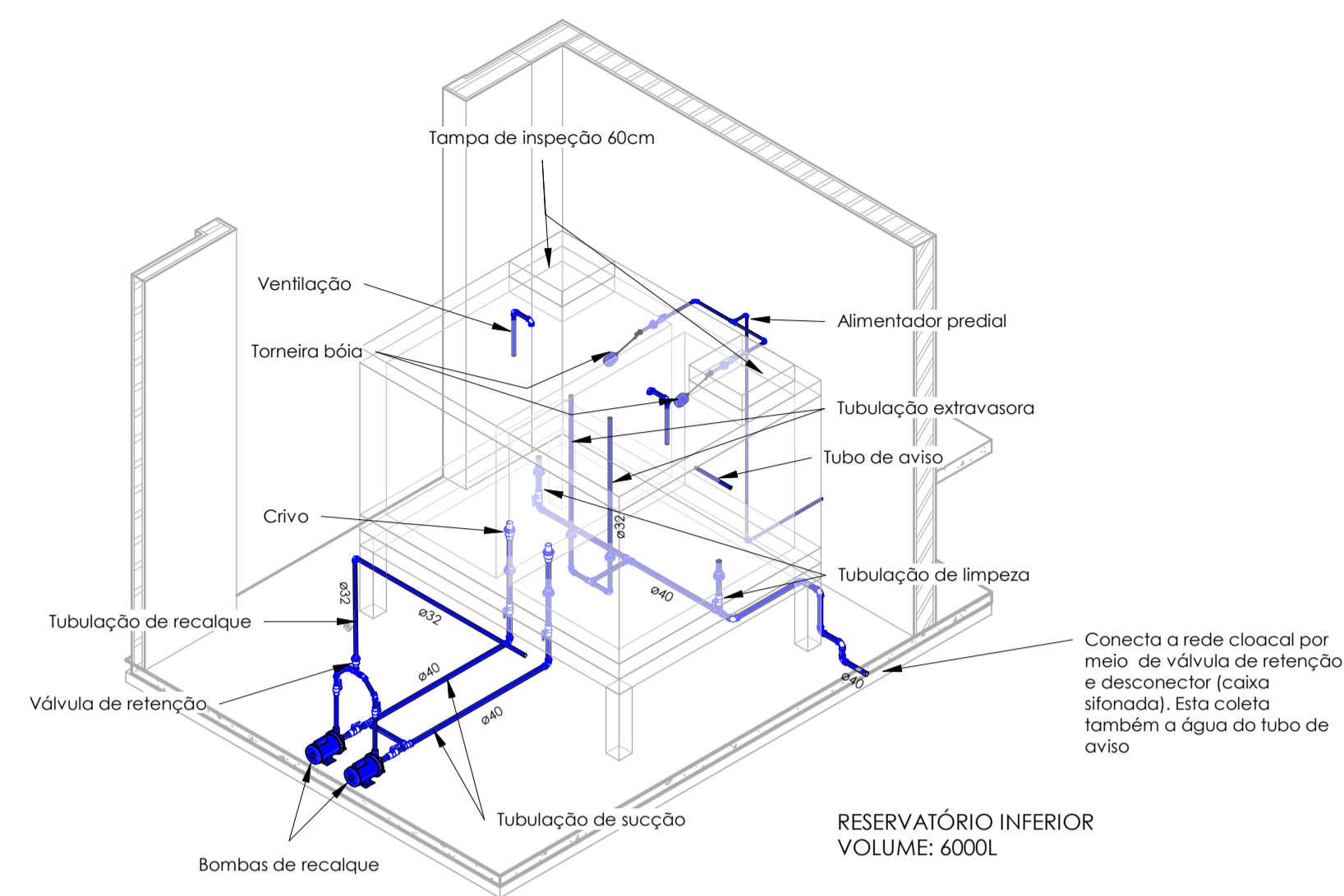


4 VISTA ISOMÉTRICA - BANHEIRO 2
Escala:

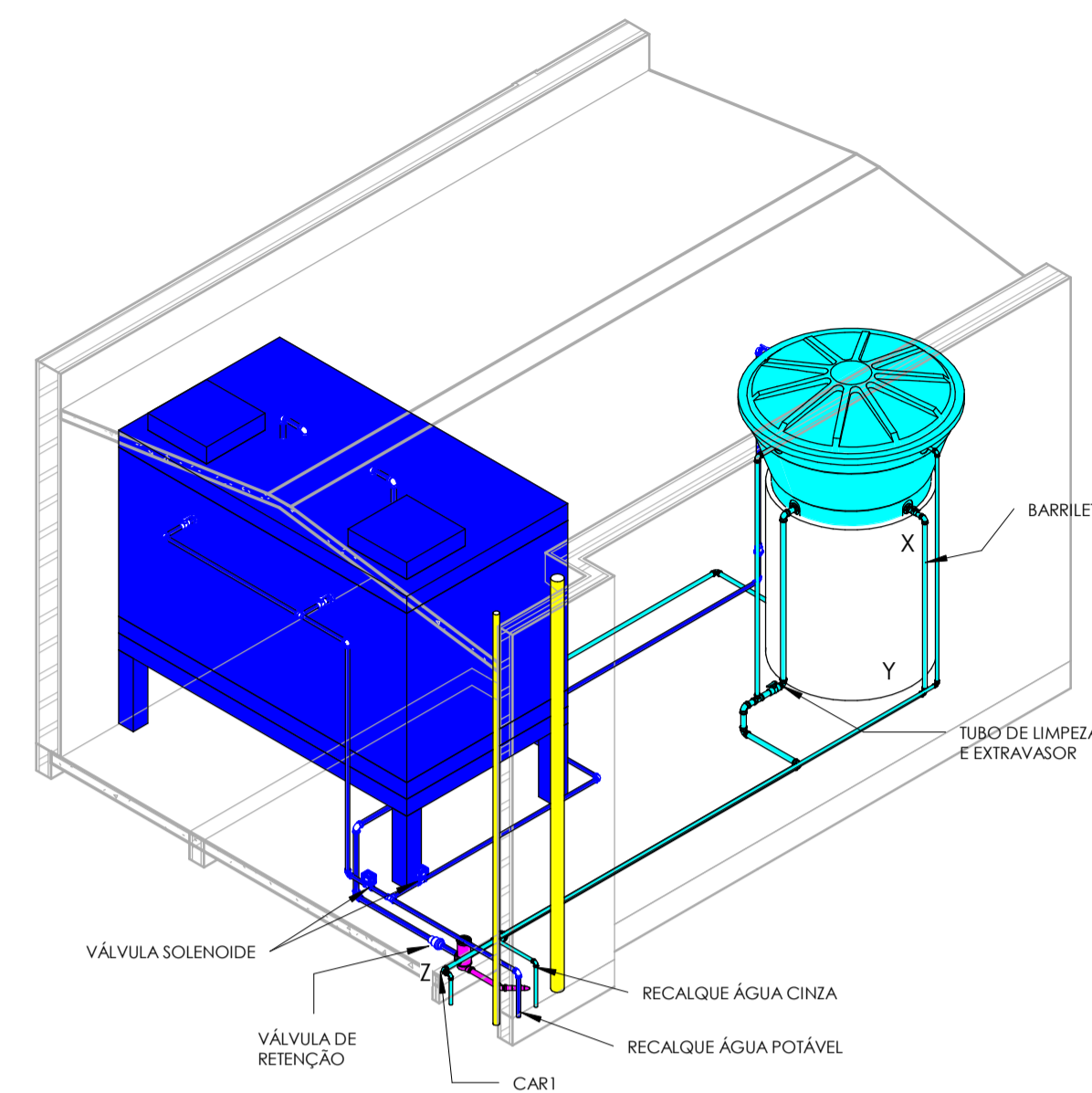


3 VISTA ISOMÉTRICA - BANHEIRO 1
Escala:

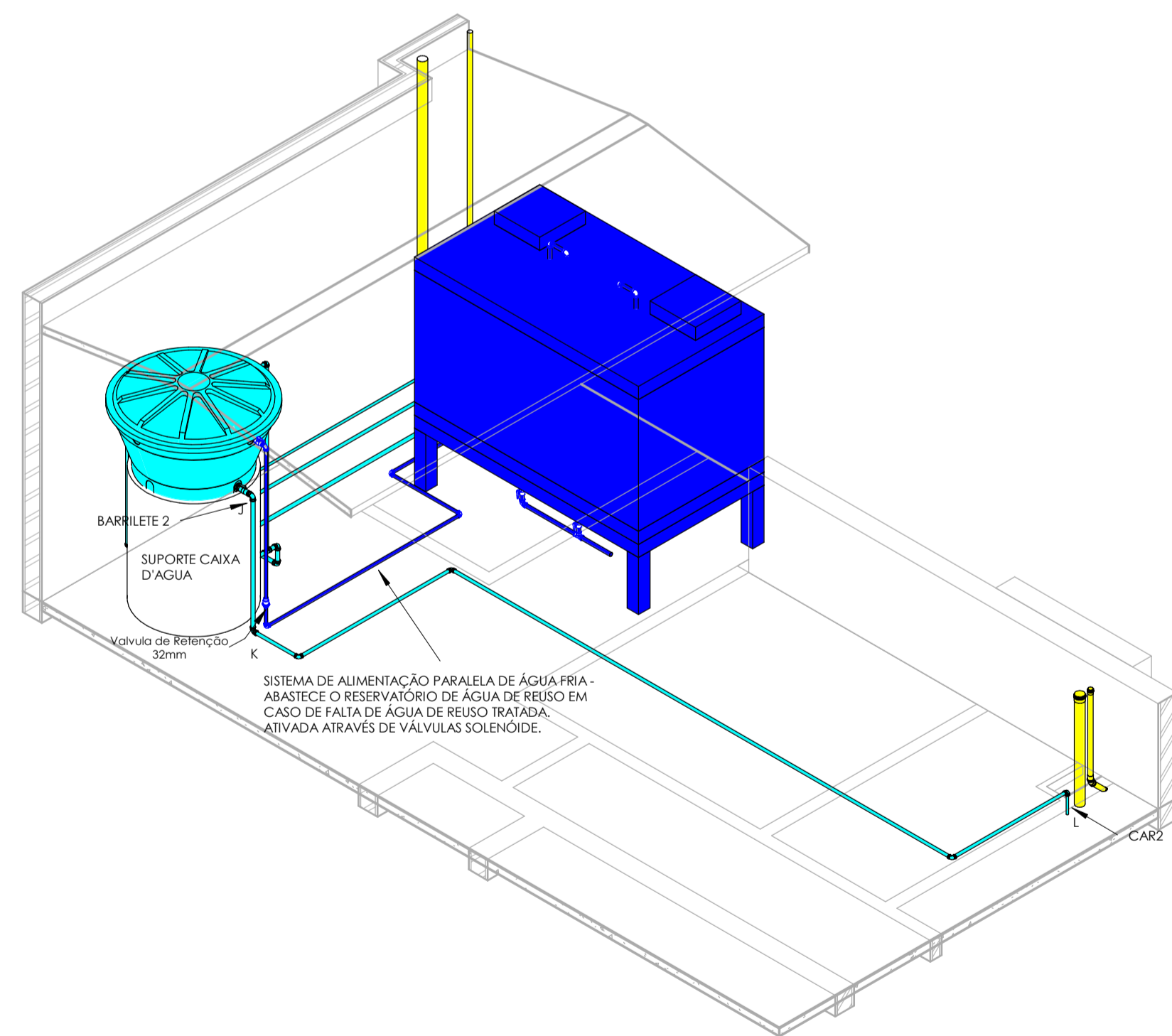
CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021



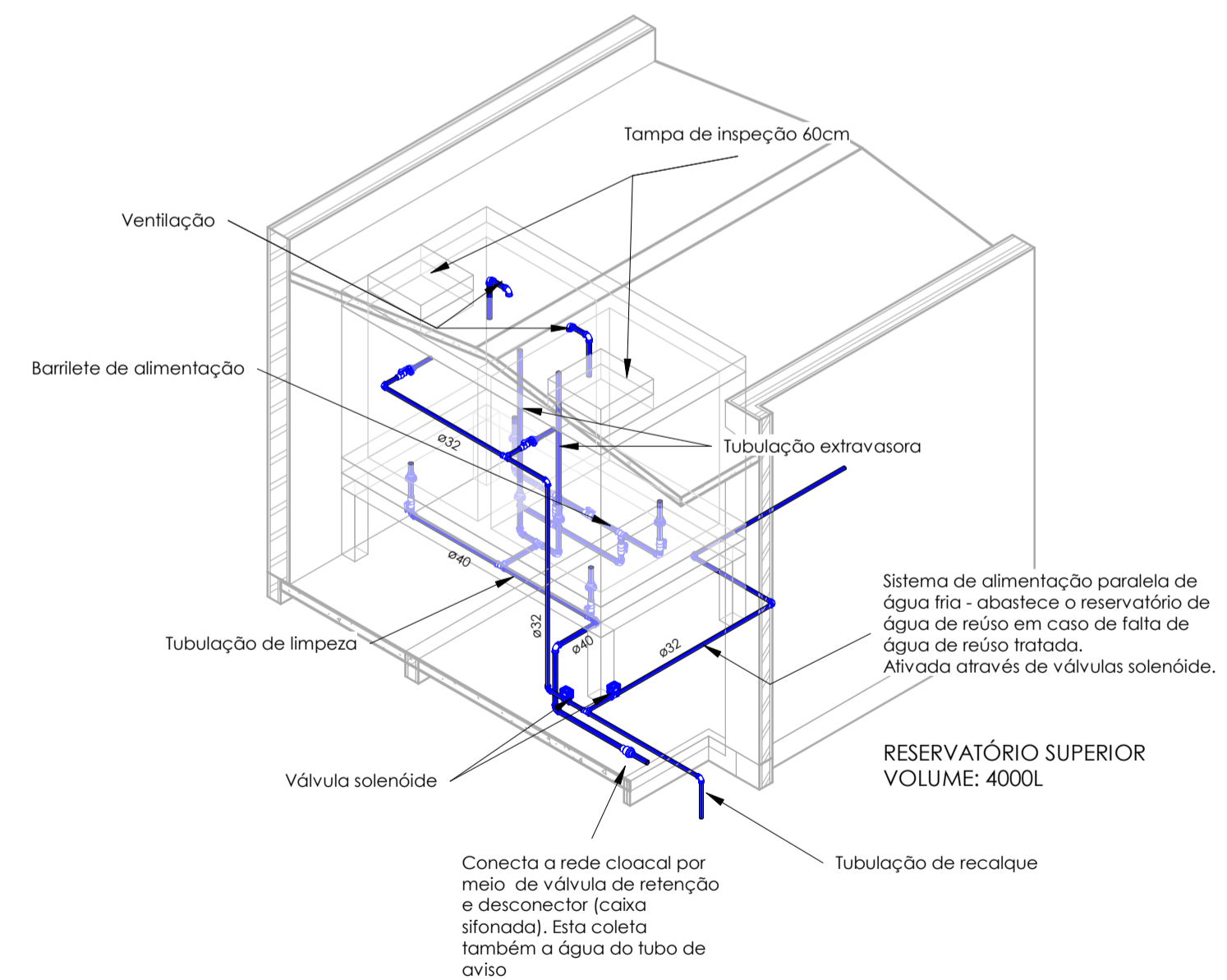
1 VISTA ISOMÉTRICA - RESERVATÓRIO INFERIOR DE AF
Escala:



2 VISTA ISOMÉTRICA - RESERVATÓRIO SUPERIOR COMPLETO 1
Escala:

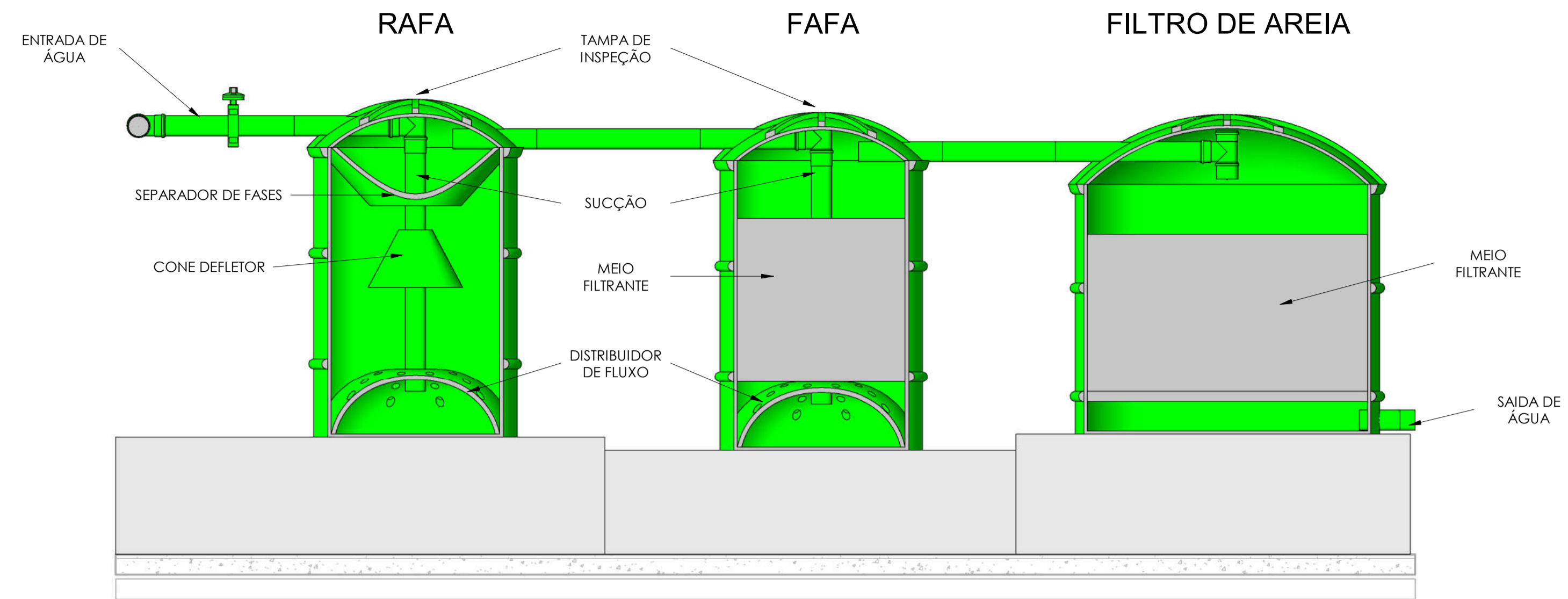


3 VISTA ISOMÉTRICA - RESERVATÓRIO SUPERIOR COMPLETO 2
Escala:

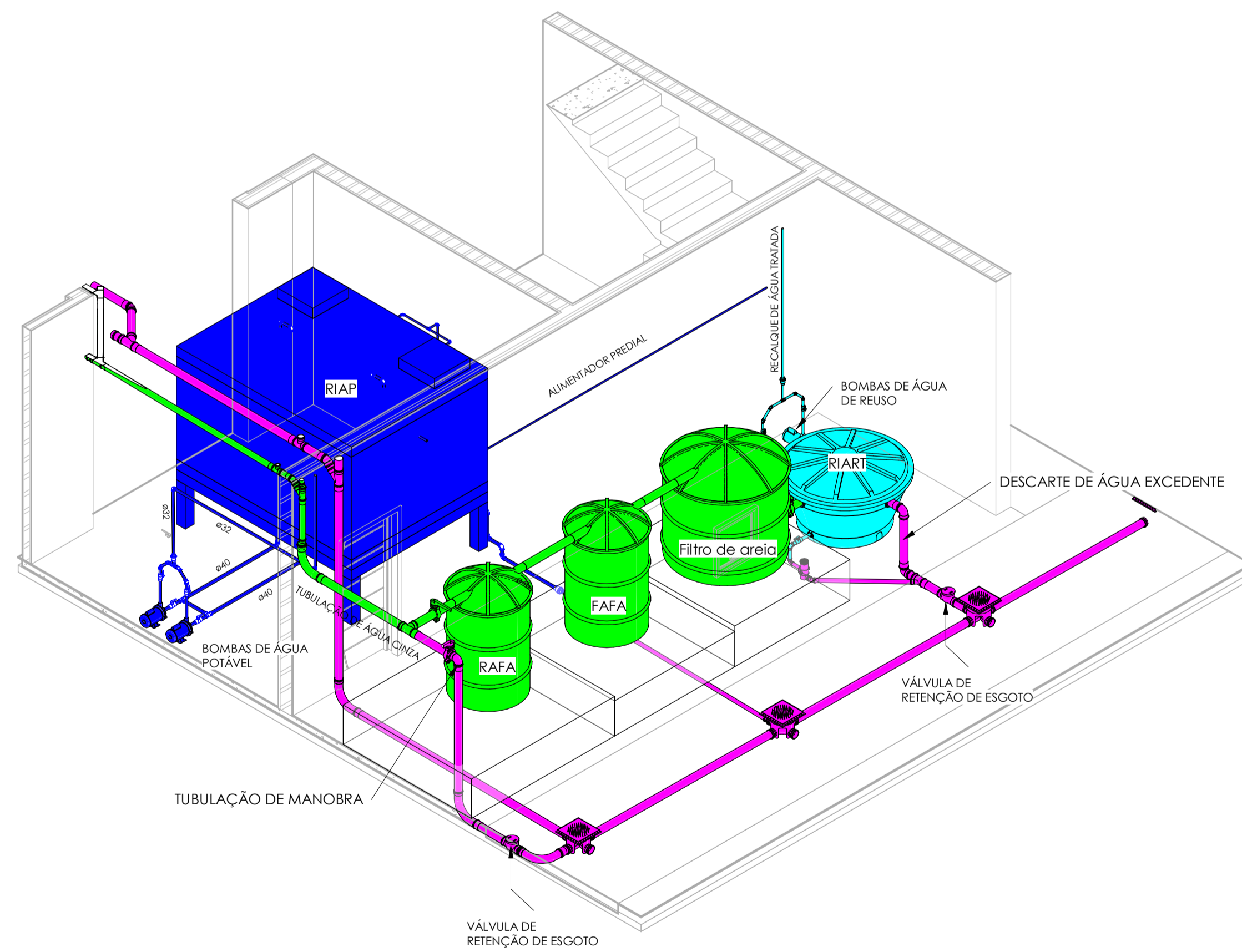


4 VISTA ISOMÉTRICA - RESERVATÓRIO SUPERIOR DE AF
Escala:

CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021



1 CORTE DETALHADO SISTEMA ETAC
Escala:



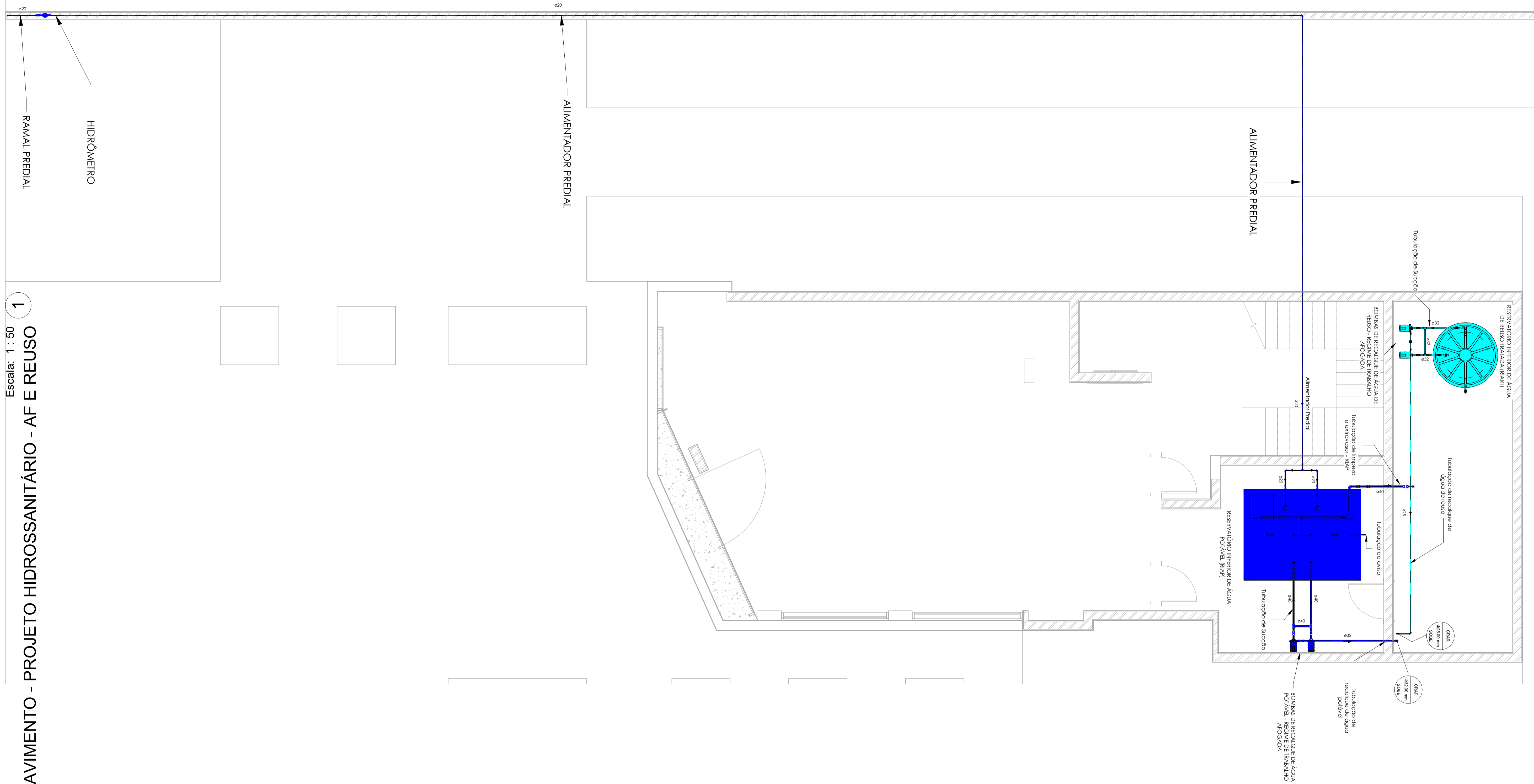
2 VISTA ISOMÉTRICA RESERVATÓRIOS INFERIORES E ETAC
Escala:

CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021

1º PAVIMENTO - PROJETO HIDROSSANITÁRIO - AF E REUSO

Escala: 1 : 50

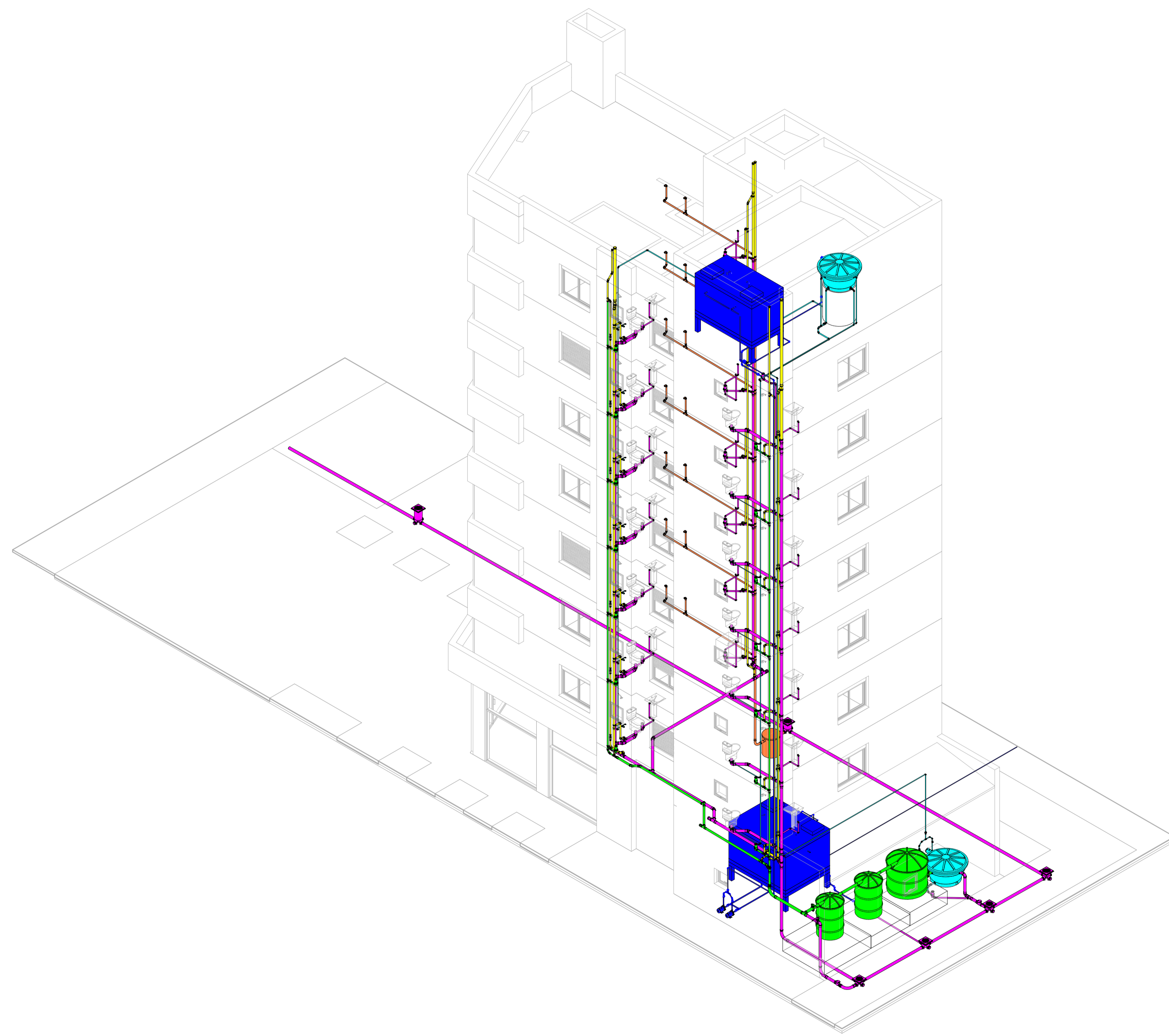
1



CHARLES ADOLFO
TOMAZINI

TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE
REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Date 03/05/2021



CHARLES ADOLFO TOMAZINI	
TCC - PROJETO HIDROSSANITÁRIO DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS	
Date	03/05/2021