



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



RAPHAEL ALVIM DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS
DE ÁGUA FRIA E ESGOTO DE UMA EDIFICAÇÃO**

UBERLÂNDIA

2019

RAPHAEL ALVIM DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA
FRIA E ESGOTO DE UMA EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito obrigatório para conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Oliveira

Uberlândia-MG, Janeiro de 2019

Aos meus pais que esforçaram muito para que eu conseguisse chegar neste ponto e a algumas pessoas especiais que passaram na minha vida e me ampararam nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Júlio da Silva e Neusa Inácio Alvim, por todo suporte financeiro, psicológico e emocional que sempre me deram, independente das dificuldades que passamos. Finalmente nós três chegamos juntos na reta final e temos a chance de realizar meu sonho de ser engenheiro civil e seguir os passos do meu Pai.

A Deus por ter me abençoado em toda essa caminhada e colocado pessoas especiais por todo percurso.

Aos meus amigos da engenharia, como Marco Túlio, Caio e Murillo, proporcionando momentos de distração, visto que o curso é muito intenso e pesado em alguns momentos, Daniela e Ana Theresa, sempre presentes nos grupos de estudo, Lucas e Pedro, que são de uma turma posterior a minha, mas que foram meus companheiros por um bom tempo e, finalmente, ao Vitor e ao Yan, que estiveram mais presente no final da minha caminhada.

Aos meus amigos, Armstrong, Valmir, Leandro e Rogério, sempre presentes para me acalmar, aconselhar e proporcionar momentos de alegria e refrigério.

Aos professores e funcionários da faculdade que me atenderam de forma respeitosa e eficiente, principalmente a professora Eliane Regina Flores que me auxiliou em um dos piores momentos durante a faculdade.

E por fim ao meu orientador, André Luiz de Oliveira, por todo ensinamento durante esse período.

RESUMO

É previsto neste trabalho o dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria de uma edificação e também o dimensionado das instalações de esgoto sanitário, que é o despejo líquido resultado da água utilizada para higiene e necessidades fisiológicas. Preliminarmente, o trabalho descreve as instalações anteriormente citadas. Em seguida, desenvolve as metodologias aplicadas para o dimensionamento dos sistemas em uma edificação para que atendam às exigências das normas ABNT NBR 5626:1998 e ABNT NBR 8160:1999. Após dimensionamento, foi previsto para o projeto de água fria um hidrômetro de 3 m³/h, reservatório de 5.000 L e tubulações com diâmetro variando de 60 a 25 mm para composição do barrilete, colunas, ramais e sub-ramais. Já para o projeto de esgoto sanitário foi previsto tubulações de diâmetro variando de 40 a 100 mm para composição das tubulações que encaminham os efluentes até o coletor público, caixas de gordura de 31 L, caixas de inspeção, caixas sifonadas com grelha de 100 mm e subsistema de ventilação com tubulação de 50 mm de diâmetro. Percebeu-se que a dificuldade em se realizar o dimensionamento de um sistema predial de água fria está em atender as necessidades da edificação, mantendo a qualidade e atendendo às determinações da ABNT NBR 5626:1998, e o dimensionamento de um sistema predial de esgotamento sanitário está na concepção do sistema, atentando-se sempre para as recomendações das ABNT NBR 8160:1999.

Palavras-chave: sistema; hidráulico; água fria; esgoto; dimensionamento.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Esquema de ramal predial e alimentador predial	5
Figura 2 – Padrão do hidrômetro adotado pelo DMAE.....	5
Figura 3 – Elementos do sistema predial de água fria.....	8
Figura 4 – Desconectores	12
Figura 5 – Zonas de sobrepressão.....	13
Figura 6 – Ventilação sanitária das peças de um banheiro.....	15
Figura 7– Dimensões das tubulações da marca Tigre	16
Figura 8 – Planilha modelo.....	22
Figura 9 – Ligação do ramal de ventilação na coluna de ventilação.....	30
Figura 10 – Planta baixa do pavimento inferior	32
Figura 11 – Planta baixa do pavimento superior	32
Figura 12 – Barrilete e colunas de água fria.....	34
Figura 13 – Planta baixa da cozinha e área de serviços Ap. 101.....	34
Figura 14 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 101	35
Figura 15 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 102.....	37
Figura 16 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 201	38
Figura 17 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 202.....	39
Figura 18 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 101	40
Figura 19 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 101.....	41
Figura 20 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 102.....	42
Figura 21 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 102.....	43
Figura 22 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 201	44
Figura 23 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 201	45
Figura 24 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 202.....	46
Figura 25 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 202.....	47
Figura 26 – Isométrico do vestiário.....	48
Figura 27 – Apartamento 101	57
Figura 28 – Vestiário dos funcionários.....	58
Figura 29 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 101.....	60
Figura 30 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 102.....	60
Figura 31 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 201.....	61

Figura 32 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 202.....	61
Figura 33 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 101	62
Figura 34 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 101	63
Figura 35 – Tubulações de esgoto sanitário do vestiário dos funcionários e banheiro 1 e 2 Ap. 102	64
Figura 36 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 201	64
Figura 37 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 201	65
Figura 38 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 202	65
Figura 39 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 202	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Vazões máximas para as bitolas comerciais da tubulação Tigre.....	17
Tabela 2 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho e da peça de utilização....	18
Tabela 3 – Estimativa de consumo diário de água	19
Tabela 4 – Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.....	19
Tabela 5 – Determinação da capacidade do hidrômetro (DMAE – Uberlândia)	20
Tabela 6 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	21
Tabela 7– Rotina para dimensionamento das tubulações.....	22
Tabela 8 – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo rugoso	24
Tabela 9 – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso.....	24
Tabela 10 – Valores máximos do coeficiente K da perda de carga.....	25
Tabela 11 – Unidades de <i>Hunter</i> de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	26
Tabela 12 – Dimensionamento dos desconectores	26
Tabela 13 – Unidades de <i>Hunter</i> de Contribuição para aparelhos não mencionados na Tabela 11	27
Tabela 14 – Dimensionamento de ramais de esgoto	27
Tabela 15 – Dimensionamento de tubo de queda.....	28
Tabela 16 – Dimensionamento de coletor predial e subcoletores	29
Tabela 17 – Dimensionamento de ramais de ventilação	30
Tabela 18 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador	31
Tabela 19 – Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação.....	31
Tabela 20 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 101	36
Tabela 21– Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 102	37
Tabela 22 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 201	38
Tabela 23 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 202	39
Tabela 24 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 101	40
Tabela 25 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 101	41
Tabela 26 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 102	42
Tabela 27 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 102	43
Tabela 28 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 201	44
Tabela 29 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 201	45

Tabela 30 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 202	46
Tabela 31 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 202	47
Tabela 32 – Memorial de cálculo: vestiário	48
Tabela 33 – Memorial de cálculo: AF-1: cozinha e área de serviços dos Ap. 101 e 201.....	50
Tabela 34 – Memorial de cálculo: AF-2: cozinha e área de serviços dos Ap. 102 e 202.....	50
Tabela 35 – Memorial de cálculo: AF-3: banheiro 1 dos Ap. 101 e 201	50
Tabela 36 – Memorial de cálculo: AF-4: banheiro 2 dos Ap. 101 e 201	50
Tabela 37 – Memorial de cálculo: AF-5: banheiro 1 dos Ap. 102 e 202	50
Tabela 38 – Memorial de cálculo: AF-6: vestiário.....	50
Tabela 39 – Memorial de cálculo: AF-7: banheiro 2 dos Ap. 102 e 202	51
Tabela 40 – Memorial de cálculo: barrilete de água fria.....	51
Tabela 41 – Pressões disponíveis: barrilete.....	52
Tabela 42 – Pressões disponíveis: coluna AF-1	52
Tabela 43 – Pressões disponíveis: coluna AF-2	52
Tabela 44 – Pressões disponíveis: coluna AF-3	52
Tabela 45 – Pressões disponíveis: coluna AF-4.....	53
Tabela 46 – Pressões disponíveis: coluna AF-5	53
Tabela 47– Pressões disponíveis: coluna AF-6	53
Tabela 48 – Pressões disponíveis: coluna AF-7	53
Tabela 49 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 201	53
Tabela 50 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 101	54
Tabela 51 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 202	54
Tabela 52 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 102	54
Tabela 53 – Pressões disponíveis: banheiro 1 201	54
Tabela 54 – Pressões disponíveis: banheiro 1 101	55
Tabela 55 – Pressões disponíveis: banheiro 2 201	55
Tabela 56 – Pressões disponíveis: banheiro 2 101	55
Tabela 57– Pressões disponíveis: banheiro 1 202	55
Tabela 58 – Pressões disponíveis: banheiro 1 102	56
Tabela 59 – Pressões disponíveis: vestiário dos funcionários.....	56
Tabela 60 – Pressões disponíveis: banheiro 2 202	56
Tabela 61 – Pressões disponíveis: banheiro 2 102	56
Tabela 62 – Diâmetros adotados para os ramais de descargas	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2
2 OBJETIVOS	3
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL	4
3.1.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO (ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA)	4
3.1.2 CONSUMO DE ÁGUA FRIA.....	6
3.1.3 SUBSISTEMA DE RESERVAÇÃO (RESERVATÓRIOS)	7
3.1.4 SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO INTERNA (ENCANAMENTOS).....	7
3.1.5 PROTEÇÃO SANITÁRIA DA ÁGUA POTÁVEL	8
3.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO	9
3.2.1 COLETORES PREDIAIS, SUBCOLETORES, RAMAIS DE ESGOTOS, RAMAIS DE DESCARGA E TUBOS DE QUEDA	11
3.2.2 CAIXAS DE INSPEÇÃO E CAIXAS DE GORDURA	11
3.2.3 DESCONECTORES	12
3.2.4 TUBO DE QUEDA DE TANQUES E MÁQUINAS DE LAVAR ROUPA.....	13
3.2.5 VENTILAÇÃO SANITÁRIA	13
4 METODOLOGIA	16
4.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	16
4.1.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA FRIA	18
4.1.2 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL, CAVALETE E ALIMENTADOR PREDIAL	20
4.1.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO	20
4.1.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES	21
4.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO	25
4.2.1 DIMENSIONAMENTO DOS DESCONECTORES	26
4.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO	27
4.2.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA	28
4.2.4 DIMENSIONAMENTO DO COLETOR PREDIAL E SUBCOLETORES.....	28
4.2.5 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE GORDURA E INSPEÇÃO	29
4.2.6 DIMENSIONAMENTO DO SUBSISTEMA DE VENTILAÇÃO	30
5 DIMENSIONAMENTO	32
5.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	33
5.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 INTRODUÇÃO

O sistema hidráulico predial de abastecimento de água, assim como os demais sistemas relativos à construção civil, evoluiu muito nos últimos anos, com isso houve a conscientização no âmbito profissional da necessidade de especificações mais precisas e rigorosas, surgindo assim as normas que visam padronizar as instalações tornando o mesmo mais eficiência, durável e econômico, sem que haja perda de qualidade. Macintyre (1996) já mencionava esta evolução constante.

Conforme a norma ABNT NBR 5626:1998, dimensionamento é o ato de determinar dimensões e grandezas para que as instalações de água fria possam garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente, compressões e velocidades adequadas para que o sistema de tubulações e peças de utilização funcionem perfeitamente, preservar a potabilidade da água e garantir o máximo de conforto aos usuários, como evitar a propagação de ruídos nas tubulações.

De acordo com a norma ABNT NBR 8160:1999, as instalações de esgoto sanitário devem ser projetadas para evitar a contaminação da água, tanto no interior do sistema, quanto nos ambientes receptores, permitir escoamento dos despejos de maneira rápida, sem que haja a ocorrência de vazamentos e depósitos no interior das tubulações, impedir que os gases provenientes do sistema atinjam áreas de utilização e permitir acesso fácil para eventuais manutenções e substituições.

Para que todos os objetivos sejam alcançados, tanto das instalações de água fria, quanto do sistema de esgoto é fundamental seguir as normas e cumprir todas as exigências e recomendações que constam nelas e para isso é fundamental a elaboração dos projetos constem todos os detalhes e assim sejam esclarecidas a maior quantidade de dúvidas que possam surgir no período da execução.

2 OBJETIVOS

Realizar o dimensionamento das instalações prediais de água fria e de esgoto de uma edificação de dois pavimentos conforme prescrições das normas ABNT NBR 5626:1998, sobre instalações prediais de água fria, e ABNT NBR 8160:1999, sobre sistemas prediais de esgoto sanitário.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA POTÁVEL

O sistema de instalações hidráulicas é composto por vários dispositivos, como tubos, conexões, válvulas, reservatórios, medidores, peças de utilização e outros componentes que vão surgindo com o avanço tecnológico para aumentar a eficiência do mesmo. Tal sistema tem como objetivo básico suprir os usuários de uma edificação com água potável necessária para suas atividades, sendo elas higiênicas, fisiológicas e domésticas diariamente (CEO, 2018).

Para cada ponto de utilização é necessário respeitar certas condições, como pressão, vazão, etc. A norma ABNT NBR 5626:1998 explica que para organizar estas exigências se faz imprescindível a elaboração de um projeto com alto grau de detalhamento. Um projeto de instalações hidráulicas prediais de água fria deve atender aos seguintes requisitos:

- Fornecimento de água contínuo para utilização dos usuários e em quantidade suficiente para cada atividade a ser desenvolvida;
- Armazenamento do maior volume de água ao menor custo possível minimizando os efeitos decorrentes da interrupção do funcionamento do sistema de abastecimento público;
- Preservação da potabilidade da água por meio de técnicas de reservação e distribuição adequadas proporcionando aos ocupantes boas condições de higiene, saúde e conforto;
- Limitação de pressões e velocidades como indicados na norma técnica, assegurando a maior durabilidade das instalações, evitando vazamentos e ruídos nas tubulações e aparelhos de utilização.

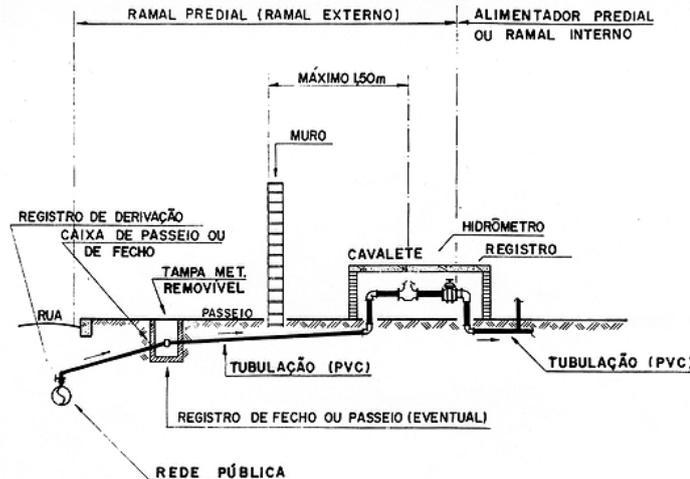
3.1.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO (ABASTECIMENTO DE ÁGUA FRIA)

O manancial é responsável pelo abastecimento das residências e indústrias após passar pela estação de tratamento de água, pois os mananciais são fontes de água bruta que podem ser superficiais ou subterrâneas.

A medição do consumo de água é realizada pelo hidrômetro que é onde termina o ramal externo e inicia o alimentador predial que é a tubulação que liga o hidrômetro ao reservatório, como

apresentado na Figura 1. De acordo com Macintyre (1996), o hidrômetro é fornecido pelo órgão público competente que o inclui no orçamento de ligação do ramal e o mesmo pode ser instalado em uma caixa de alvenaria ou concreto que pode ser ou não enterrada, desde que não haja entrada de água pluvial no mesmo, no entanto isto pode variar dependendo da concessionária competente de cada região.

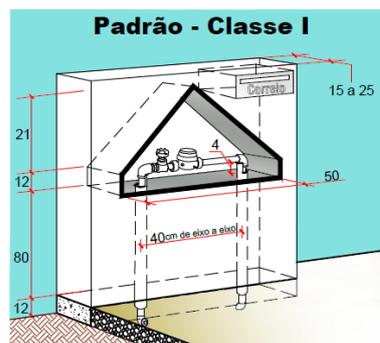
Figura 1 – Esquema de ramal predial e alimentador predial



Fonte: Simplificando a engenharia (2019).

Em Uberlândia (MG), o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) utiliza o padrão Classe I ilustrado na Figura 2, adotado em dezembro de 2009, que facilita a manutenção do hidrômetro e a leitura do consumo de água. A instalação do cavalete do hidrômetro é de responsabilidade do usuário, ficando a responsabilidade do DMAE a avaliação sobre as exigências a serem cumpridas e a ligação com a rede pública. A altura da instalação do cavalete de hidrômetro foi uma das principais mudanças na qual fixou-se em 80 centímetros acima do piso acabado.

Figura 2 – Padrão do hidrômetro adotado pelo DMAE



Fonte: DMAE (2018).

Em 12 de julho de 2016 foi sancionada uma lei que determina a medição do consumo de água individualizada em condomínios multifamiliares. Em algumas cidades brasileiras já existem leis municipais com qual medida, a mesma passará valer em âmbito nacional a partir do ano de 2021, com isso haverá tempo para os projetistas se adaptarem (GOVERNO DO BRASIL, 2016).

Macintyre (1996) classifica em três tipos o sistema abastecimento dentro da edificação, dependendo da separação entre a rede pública e a rede interna, sendo eles: sistema direto, indireto e misto. O sistema direto de distribuição é aquele em que a alimentação da rede interna é feita diretamente pelo ramal predial e neste modal é necessário que o abastecimento público consiga suprir todos os requisitos das instalações hidráulicas, como continuidade, abundância e pressão, pois não há reservatórios na edificação. O sistema indireto de distribuição é aquele em que há a presença de um reservatório para momentos de irregularidades no abastecimento de água e as variações de pressões. E o sistema misto é quando há a presença dos dois sistemas, direto e indireto, na mesma edificação.

3.1.2 CONSUMO DE ÁGUA FRIA

Para se estabelecer o consumo de água diário de uma edificação deve-se saber a destinação e sua finalidade. De acordo com Macintyre (1996), o consumo médio de água cresce com a importância da população a qual está abordando e varia com o clima, o grau de civilização e os costumes locais.

Geralmente é adotado um valor de 200 Litros por habitante por dia e, conforme Macintyre (1996) explica, este número é dividido da seguinte maneira:

- 100 L para uso doméstico, sendo 50 L para asseio pessoal, 15 L para bebida e cozinha, 20 L para banheiro e 15 L para lavagem de casa e roupa;
- 50 L para uso no local de trabalho;
- 25 L para usos diversos, como restaurantes e locais de lazer;
- 25 L para perdas.

3.1.3 SUBSISTEMA DE RESERVAÇÃO (RESERVATÓRIOS)

Se o sistema de abastecimento for indireto ou misto haverá a presença de um reservatório que a partir dele a água será encaminhada aos aparelhos de consumo. A capacidade de um reservatório depende do consumo médio diário.

O volume mínimo de um reservatório para uso doméstico deve igualar a 24 horas de consumo normal da edificação e recomenda-se que a reserva máxima garanta a potabilidade da água no período de detenção e atenda à disposição legal de limite máximo de reservação, além da reserva de incêndio, a qual não será tratada neste trabalho (ABNT NBR 5626:1998).

O abastecimento pode ser interrompido por motivos, como rompimento de adutoras e distribuidoras, reparos na rede pública, ampliação de rede, defeitos nas elevatórias, seja por falta de energia, seja por falta de reparos e manutenção, logo é conveniente a edificação ter um reservatório para esses momentos atípicos. Em Macintyre (1996) é mencionado que o volume máximo de reservação não pode ser superior a três vezes o consumo diário.

Alguns cuidados são mencionados na norma ABNT NBR 5626:1998 quanto aos reservatórios, onde os mesmos devem garantir a preservação do padrão de potabilidade, não permitindo que seja transmitido para a água cor, gosto, odor ou toxicidade e não promover o crescimento de microrganismos. O reservatório deve ser um recipiente estanque com tampa de modo a evitar a entrada de insetos, animais, poeiras e líquidos e deve ser de um material resistente a corrosão ou anticorrosivo.

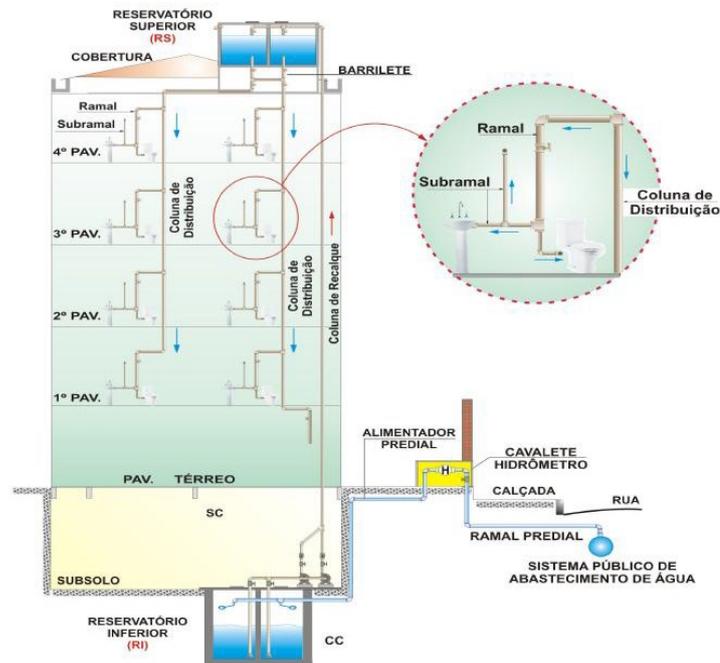
3.1.4 SUBSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO INTERNA (ENCANAMENTOS)

A rede de distribuição interna é iniciada após o dispositivo de medição de consumo, o hidrômetro, até os pontos de utilização, logo são as tubulações que fazem com que a água chegue aos aparelhos de utilização.

A distribuição de água é feita por meio de um conglomerado de encanamentos, sendo eles: barrilete, coluna, ramal e sub-ramal, conforme ilustra a Figura 3. A norma ABNT NBR 5626:1998 define que os sub-ramais são as tubulações que alimentam diretamente as peças de utilização ou aparelhos sanitários. Os ramais de distribuição são canalizações que derivam da coluna e alimentam um ou mais sub-ramais. As colunas de distribuição ou prumadas de alimentação são tubulações verticais que originam no barrilete e tem função de alimentar os

ramais. Por fim, tem-se o barrilete ou colar que é a ramificação das tubulações do reservatório até as colunas.

Figura 3 – Elementos do sistema predial de água fria



Fonte: Oliveira (2018).

A norma ABNT NBR 5626:1998 recomenda que as tubulações horizontais possuam uma leve declividade para reduzir o risco de desenvolvimento de bolhas de ar no seu interior. Deve-se tomar precauções quanto a altas pressões quando se estiver lidando com um sistema de abastecimento direto, pois as tubulações devem ter resistência mecânica para suportar tais pressões e devem apresentar bom funcionamento em altas pressões.

Com o intuito de realizar manutenção em qualquer ponto da rede em uma edificação é necessário a colocação de registros de fechamento ou dispositivos que realizem a mesma função. A norma ABNT NBR 5626:1998 orienta a colocação de registros de fechamento no barrilete após o reservatório, nas colunas de distribuição a montante do primeiro ramal e no ramal a montante do primeiro sub-ramal.

3.1.5 PROTEÇÃO SANITÁRIA DA ÁGUA POTÁVEL

É necessário tomar cuidados para que as instalações de água fria não conduzam água com padrão de potabilidade comprometido, havendo assim, o risco para a saúde humana. O conjunto

de cuidados que se deve ter para garantir a qualidade da água são o contato com materiais inadequados, a retrossifonagem e a interligação de tubos conduzindo água potável e não potável (ABNT NBR 5626:1998).

Neste sentido recomenda que as tubulações de água fria não sejam instaladas dentro ou através de caixas de inspeção, fossas, sumidouros, coletor de esgoto sanitário, tanque séptico, filtro anaeróbio, leito de secagem de lodo, etc. (ABNT NBR 5626:1998).

Quanto à retrossifonagem, que é a entrada de água servida nas instalações de água potável devido a pressões negativas na rede, passível de ocorrer em equipamentos como bidês (atualmente em desuso), reservatórios, caixas de descarga e outros aparelhos que não possuem separação atmosférica suficiente, é necessário seguir recomendações, como:

- Separação atmosférica superior a duas vezes o diâmetro da tubulação;
- Tubulação independente para os aparelhos sujeitos a retrossifonagem;
- Ventilação da coluna de distribuição que abastece os aparelhos sujeitos a retrossifonagem;
- Dispositivo quebrador de vácuo nos sub-ramais que abastecem os aparelhos sujeitos a retrossifonagem (ABNT NBR 5626:1998).

A norma ABNT NBR 5626:1998 recomenda a identificação das tubulações que conduzem água não potável com símbolos, cores e a mensagem “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

3.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

A norma brasileira que trata de instalações de esgoto sanitário, a ABNT NBR 8160:1999, define que o sistema de esgoto sanitário tem por função básica coletar e conduzir despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.

Quando a norma cita “uso adequado” há despejos que não podem ser esgotados para redes de esgoto sanitário como águas de piscinas, despejos industriais que contenham produtos tóxicos ou inflamáveis ou que possam produzir gases tóxicos ou inflamáveis, resíduos, corpos ou substâncias que possam ocasionar a obstrução ou incrustações da rede e substâncias que possam

interferir nos processos de depuração nas estações de tratamento de esgoto (MACINTYRE, 1996).

Ao projetar uma instalação de esgoto sanitário para uma edificação deve-se considerar alguns pontos importantes para garantir o bom funcionamento da rede e a não contaminação da água potável. Um projeto de instalações de esgoto, segundo a ABNT NBR 8160:1999, deve atender os seguintes requisitos:

- Garantir a proteção dos sistemas de suprimento de água e de equipamentos sanitários a fim de não contaminar a água e não comprometer o consumo da mesma, logo os sistemas de água fria e de água pluvial não podem ter qualquer tipo de ligação;
- Permitir o rápido escoamento dos despejos sem que haja vazamentos ou acúmulo dos mesmos ocasionando o entupimento dos encanamentos;
- Impedir que os gases formados no interior da rede alcancem os aparelhos de utilização, impossibilitar que corpos estranhos, como animais, entrem no interior do sistema de esgoto sanitário e impedir que os despejos introduzidos nos esgotos acessem o subsistema de ventilação;
- Garantir que os componentes que formam a rede de esgoto sejam facilmente inspecionáveis e que os aparelhos sanitários sejam fixados com peças que facilitem sua retirada para eventuais manutenções.

Segundo Macintyre (1996), o sistema de esgoto sanitário é dividido em duas seções bem distintas, sendo a primeira chamada de esgoto primário e a outra de esgoto secundário. O esgoto primário é compreendido na seção conectada ao coletor público, englobando as tubulações, dispositivos e aparelhos sanitários em que há a presença de gases provenientes desse coletor. Já o esgoto secundário é a seção desconectada do coletor público, compreendendo as tubulações, dispositivos e aparelhos sanitários que não tem contato com os gases derivadas desse coletor.

3.2.1 COLETORES PREDIAIS, SUBCOLETORES, RAMAIS DE ESGOTOS, RAMAIS DE DESCARGA E TUBOS DE QUEDA

A ABNT NBR 8160:1999 defini o ramal de descarga como sendo a tubulação que recebe os resíduos produzidos nos aparelhos sanitários, já o ramal de esgoto é o encanamento que recebe os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de uma caixa sifonada ou sifão. Os elementos do sistema de esgoto sanitário devem apresentar declividade constante para que os efluentes escoem por gravidade, no qual é recomendado uma declividade mínima de 2% para tubulações inferiores a 75 mm e 1% para tubulações superiores a 100 mm. As mudanças de direção horizontal devem ser limitadas a curvas de no máximo 45° e as mudanças de direção vertical a no máximo 90°.

Segundo a ABNT NBR 8160:1999 tubo de queda é a tubulação vertical que recebe os efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga. Para edificações de 2 ou mais pavimentos são necessários tubos de quedas para pias, tanques, aparelhos sanitários e outros similares, os quais irá reunir os seus iguais em cada pavimento e irá finalizar em uma caixa de inspeção ou gordura.

Subcoletor é a canalização que recebe os resíduos de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto. O coletor predial é o trecho da tubulação que encaminha os efluentes de uma edificação para o coletor público ou algum sistema privado. Neste último não será admitido a inserção de dispositivos que atrapalhem o escoamento, com a exceção de uma válvula de retenção de esgoto (ABNT NBR 8160:1999).

3.2.2 CAIXAS DE INSPEÇÃO E CAIXAS DE GORDURA

A caixa de inspeção é um dispositivo destinada a permitir a manutenção (inspeção, limpeza e desobstrução), junção ou mudança de direção e/ou declividade. Ela deve ser perfeitamente impermeabilizada, com tampa de fecho hermético e construída em locais abertos no andar térreo ou, em caso de edifícios, na garagem do mesmo (ABNT NBR 8160:1999).

Os despejos provenientes de pias de copas e cozinhas são ricos em resíduos gordurosos, sendo necessário uma caixa de inspeção especial chamada de caixa de gordura, destinada a reter na sua parte superior as gorduras, graxas e óleos. Os efluentes dessa caixa são conduzidos para uma caixa de inspeção que serão encaminhados para o coletor público (MACINTYRE, 1996).

De acordo com a ABNT NBR 8160:1999, a caixa de gordura cumpre algumas exigências como:

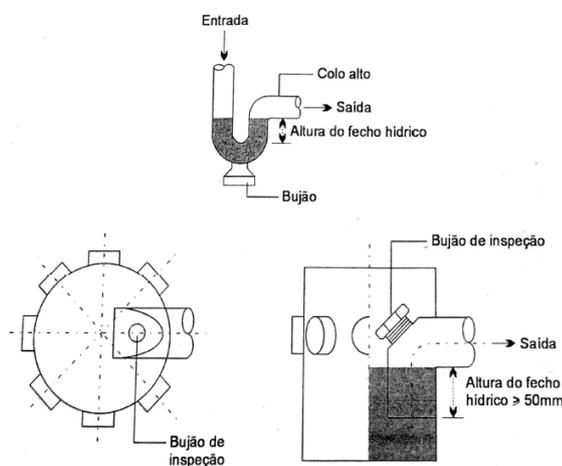
- Vedação contra insetos, pequenos animais e águas provenientes da lavagem de piso;
- Capacidade de acumulação de resíduos gordurosos e a possibilidade de manutenção para remoção destes resíduos;
- Aparelho de entrada e saída projetado para o afluente e o efluente fluam normalmente com uma altura suficiente para retenção do resíduo gorduroso, evitando que o mesmo seja arrastado junto com o material efluente.

3.2.3 DESCONECTORES

As instalações de esgoto sanitário podem ser divididas em primário, onde há o acesso de gases, e secundário, onde é vetada a entrada de gases. O dispositivo responsável por essa divisão é o desconector, que impede por meio do fecho hídrico a passagem de gases. A Figura 4 apresenta exemplos de desconectores (BAPTISTA, 2010).

Macintyre (1996) defini que sifões, caixas sifonadas e ralos sifonados são tipos de desconectores e que todos os aparelhos da instalação de esgoto sanitário deverão estar conectados a um, afim de impedir a propagação dos gases das tubulações.

Figura 4 – Desconectores



Fonte: Baptista (2010).

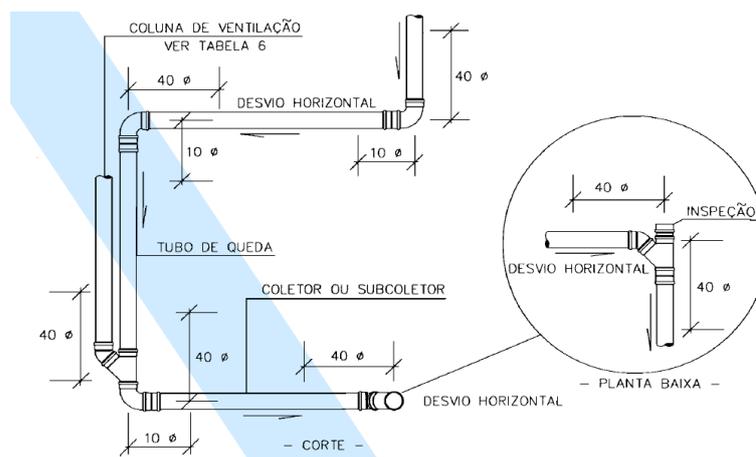
3.2.4 TUBO DE QUEDA DE TANQUES E MÁQUINAS DE LAVAR ROUPA

A distinção entre um tubo de queda e um tubo de queda de tanques e máquinas de lavar roupa é a presença de substâncias que provocam espumas, como detergentes.

A norma brasileira ABNT NBR 8160:1999 recomenda que nestes tubos sejam instalados dispositivos que impeçam o retorno de espuma, desvios horizontais do encanamento devem ser realizados com duas curvas de 45° ou com curva de 90° de raio longo, afim de reduzir a formação de espuma.

São consideradas regiões de sobrepressão, ou zonas de formação de espuma, trechos do tubo de queda igual a 40 diâmetros imediatamente a montante do desvio para a horizontal, o trecho horizontal de comprimento igual a 10 diâmetros a jusante do mesmo desvio e o trecho horizontal igual a 40 diâmetros a montante do próximo desvio, se repetindo para o tubo de queda, coluna de ventilação, coletores ou subcoletores, como pode ser melhor observado na Figura 5 (ABNT NBR 8160:1999).

Figura 5 – Zonas de sobrepressão



Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

3.2.5 VENTILAÇÃO SANITÁRIA

Nas instalações prediais de esgoto é imprescindível a presença do subsistema de ventilação para direcionar para a atmosfera os gases liberados pelo esgoto sanitário. Este sistema não permite que os gases entrem para o interior da edificação ou ocasionem a ruptura do fecho hídrico nos desconectores por compressão ou aspiração (BAPTISTA, 2010).

Baptista (2010) relata que o subsistema pode ser previsto de duas maneiras: ventilação primária e ventilação primária acrescida de secundária. Caso o subsistema venha apresentar-se como a primeira opção é necessário realizar a verificação da suficiência da ventilação, que se não for atendida abre espaço para duas soluções:

- Realizar uma série de mudanças geométricas no trajeto das tubulações para melhorar a suficiência da ventilação primária;
- Incluir a ventilação secundária, que consiste em ramais e colunas de ventilação que se interligam aos ramais de descarga ou esgoto à ventilação primária.

A norma ABNT NBR 8160:1999 menciona algumas características geométricas que devem ser levadas em consideração na elaboração do projeto e execução do mesmo. O projeto deste subsistema não deverá permitir a entrada de esgoto sanitário na tubulação de ventilação, sendo necessário que as canalizações tenham um aclave mínimo de 1%, pois se porventura qualquer líquido venha entrar na tubulação, ele irá escoar por gravidade retornando para o ramal de esgoto ou descarga, no qual originou-se. O ângulo central das curvas não deve exceder o valor de 90°.

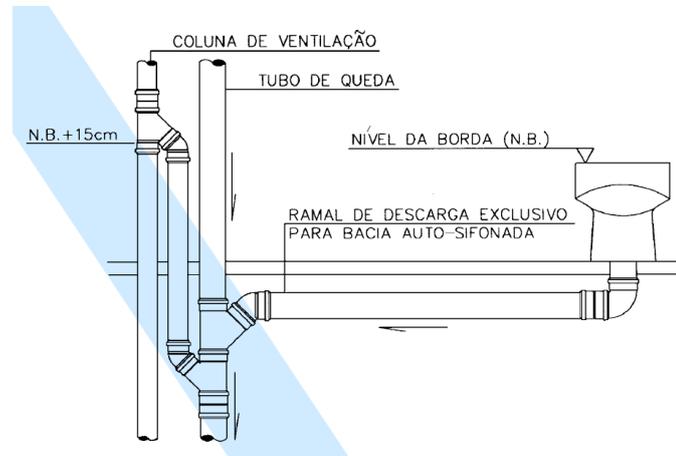
Macintyre (1996) recomenda que as colunas de ventilação não devem variar o diâmetro ao longo de toda a extensão. A extremidade superior deve estar acima da cobertura, ou ligada ao ventilador primário, enquanto a extremidade inferior de estar conectada ao tubo de queda ou subcoletor, abaixo da última ligação de ramal de esgoto, ou ainda unida ao ramal de esgoto ou descarga.

A extremidade que fica em contato com a atmosfera deve estar a pelo menos 30 centímetros do telhado ou laje, e 2 metros em caso da laje ser utilizada para outros afins além de cobertura. A extremidade superior do tubo ventilador não deve estar a menos de 4 metros de janela, porta ou vão de ventilação salvo quando apresentar-se a pelo menos 1 metro acima da verga dos respectivos vãos. Por último, é indispensável um dispositivo na ponta da tubulação para impedir a entrada de água pluvial no seu interior (ABNT NBR 8160:1999).

Há casos em que o ramal de ventilação se torna dispensável, como vasos sanitários conectados diretamente a um tubo de queda com uma distância inferior a 2,40 metros, desde que esse tubo de queda receba os resíduos sanitários do mesmo pavimento adequadamente ventilados como

pode ser observado na Figura 6. Serão considerados devidamente ventilados os sifões de pias, lavatórios e tanques quando conectados a um tubo de queda que não recebe efluentes de vasos sanitários e mictórios.

Figura 6 – Ventilação sanitária das peças de um banheiro



Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

4 METODOLOGIA

4.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

As instalações prediais de água fria de uma edificação iniciam-se logo após o dispositivo de medição de consumo, o hidrômetro. Para definir alguns parâmetros básicos dos projetos é necessário a definição do tipo de abastecimento da rede interna, podendo ser direto, indireto ou misto. Para iniciar um projeto deve-se conhecer o tipo de material com que se pretende trabalhar, como por exemplo o policloreto de vinila (PVC), ferro fundido (FoFo), cobre, dentre outros materiais existentes no mercado.

Netto (2015) recomenda que a velocidade máxima da água nas tubulações, descrita pela Equação 1, não exceda 3 m/s, para evitar a propagação de ruídos.

$$v \leq 14 \times \sqrt{DI} \quad \text{Eq. 1}$$

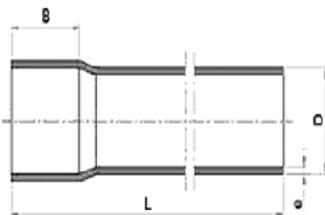
Onde:

v – Velocidade da água dentro da tubulação, em m/s;

DI – Diâmetro interno da tubulação, em m.

A Equação 1 possibilita construir uma tabela com as máximas vazões para cada bitola comercial de tubulação. Com o catálogo da Tigre (Figura7) retirou-se as dimensões das tubulações utilizadas para água fria. Com as informações, a Equação 1 e limitando a velocidade em 3 m/s concebeu-se a Tabela 1.

Figura 7– Dimensões das tubulações da marca Tigre



–	DIMENSÕES								
Cotas	20	25	32	40	50	60	75	85	110
B	32	32	32	40	50	60	70	77	91
D	20	25	32	40	50	60	75	85	110
e	1,5	1,7	2,1	2,4	3,0	3,3	4,2	4,7	6,1
L	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

Fonte: Catálogo Tigre (2018).

Tabela 1- Vazões máximas para as bitolas comerciais da tubulação Tigre

DE (mm)	ESP. (mm)	DI (mm)	Q Máx (l/s)
20	1,5	17	0,7
25	1,7	21,6	1,1
32	2,1	27,8	1,8
40	2,4	35,2	2,9
50	3	44	4,6
60	3,3	53,4	6,7
75	4,2	66,6	10,5
85	4,7	75,6	13,5
110	6,1	97,8	22,5

Fonte: Autor (2019).

Netto (2015) recomenda que a perda de carga unitária no barrilete e no trecho mais elevado da coluna não seja superior a 0,08 m/m. A perda de carga nas tubulações são calculadas pelas expressões de *Fair-Whipple e Hsiao*, recomendadas pela ABNT NBR 5626:1998, a qual após a inserção dos parâmetros é possível dimensionar a perda de carga para tubos hidraulicamente rugosos (aço carbono, aço galvanizado) pela Equação 2 e para tubos hidraulicamente lisos (PVC, polietileno, cobre) pela Equação 3.

$$J = 19,6 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times D^{-4,88} \quad \text{Eq. 2}$$

$$J = 8,63 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

J – Perda de carga unitária, em kPa/m (1 kPa/m é equivalente a 0,1 m.c.a.);

Q – Vazão estimada, em L/s;

D – Diâmetro interno, em mm.

Um outro dado base que Netto (2015) menciona é a pressão. A pressão estática máxima é limitada em 400 kPa (40 m.c.a.), a pressão mínima em qualquer ponto da rede não deve ser inferior a 5 kPa (0,5 m.c.a.) e para o bom funcionamento das peças de utilização a pressão deve ser de 10 kPa (1,0 m.c.a.) e deve atender as vazões de projeto descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho e da peça de utilização

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

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

4.1.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA FRIA

No dimensionamento do consumo diário é necessário determinar a população. Para isso descobre-se o consumo diário *per capita* dado pela Tabela 3 e a taxa de ocupação informada pela Tabela 4. Com esses dados é possível encontrar o consumo diário de uma edificação pela Equação 4. (MACINTYRE, 1996)

$$CD = P \times C_{per\ capita} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

CD – Consumo diário, em Litros por dia;

P – População, em habitantes;

$C_{per\ capita}$ – Consumo per capita, em Litros por dia por habitante.

Tabela 3 – Estimativa de consumo diário de água

Tipo do prédio		Unidade	Consumo l/dia
1.	Serviço doméstico		
	Apartamentos	<i>per capita</i>	200
	Apartamentos de luxo	por dormitório	300 a 400
		por qto. de empregada	200
	Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
	Residência de médio valor	<i>per capita</i>	150
	Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
	Alojamentos provisórios de obra	<i>per capita</i>	80
	Apartamento do zelador		600 a 1.000
2.	Serviço público		
	Edifícios de escritórios	por ocupante efetivo	50 a 80
	Escolas, internatos	<i>per capita</i>	150
	Escolas, externatos	por aluno	50
	Escolas, semi-internato	por aluno	100
	Hospitais e casas de saúde	por leito	250
	Hotéis com coz. e lavanderia	por hóspede	250 a 350
	Hotéis sem coz. e lavanderia	por hóspede	120
	Lavanderias	por kg de roupa seca	30
	Quartéis	por soldado	150
	Cavalariças	por cavalo	100
	Restaurantes	por refeição	25
	Mercados	por m ² de área	5
	Garagens e postos de serviços para automóveis	por automóvel	100
		por caminhão	150
	Rega de jardins	por m ² de área	1,5
	Cinemas, teatros	por lugar	2
	Igrejas	por lugar	2
	Amulatórios	<i>per capita</i>	25
	Creches	<i>per capita</i>	50
	3.	Serviço industrial	
Fábricas (uso pessoal)		por operário	70 a 80
Fábrica com restaurante		por operário	100
Usinas de leite		por litro de leite	5
Matadouros		por animal abatido (de grande porte)	300
	Matadouros	idem de pequeno porte	150

Fonte: Macintyre (1996).

Tabela 4 – Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Natureza do local	Taxa de ocupação
Prédio de apartamentos	Duas pessoas por dormitório e 200 a 250 l/pessoa/dia
Prédio de escritórios de	
- Uma só entidade locadora	Uma pessoa por 7 m ² de área
- Mais de uma entidade locadora	Uma pessoa por 5 m ² de área
- Segundo o Código de Obras do R.J	6 litros por m ² de área útil
Restaurantes	Uma pessoa por 1,50 m ² de área
Teatros e cinemas	Uma cadeira para cada 0,70 m ² de área
Lojas (pavimento térreo)	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Lojas (pavimentos superiores)	Uma pessoa por 5,0 m ² de área
Supermercados	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Shopping centers	Uma pessoa por 5,0 m ² de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 5,5 m ² de área
Museus	Uma pessoa por 5,5 m ² de área

Fonte: Macintyre (1996).

4.1.2 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL, CAVALETE E ALIMENTADOR PREDIAL

Com o consumo diário é possível realizar o dimensionamento do diâmetro mínimo do ramal predial, que geralmente é de 20 mm (3/4") para residências e pequenos edifícios, no entanto cada concessionária estabelece a faixa de vazão. O DMAE adota a vazão característica relacionando-a com o consumo mensal e o diâmetro do ramal predial, apresentado na Tabela 5. Logo basta multiplicar o consumo diário por trinta dias, como visto na Equação 5, e encontrar na Tabela 5 a descarga característica. Assim, tanto o cavalete, quanto o alimentar predial e o ramal predial terão o mesmo diâmetro (OLIVEIRA, 2018).

$$CM = 30 \text{ dias} \times CD \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

CM – Consumo mensal, em Litros;

Tabela 5 – Determinação da capacidade do hidrômetro (DMAE – Uberlândia)

Descarga característica (m³/h)	Dref(DN)	Consumo mensal máximo (m³)
1,5	3/4" - 20 mm	0 - 20
3	3/4" - 20 mm	21 - 300
10	1" - 25 mm	301 - 1200
20	1.1/2" - 25 mm	1201 - 2400
30	2" - 50 mm	2401 - 8000
60	3" - 75 mm	8001 - 16000
100	4" - 100 mm	16001 - 27000
200	5" - 125 mm	27001 - 54000
300	6" - 150 mm	54001 - 90000

Fonte: Oliveira (2018).

4.1.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE RESERVAÇÃO

A reservação de água fria deve ser o suficiente para 24 horas de consumo normal de uma edificação, sem considerar a reserva de incêndio. Com o consumo diário é possível calcular a capacidade do reservatório. O volume total reservado varia de 1 a 3 vezes o consumo diário (Equação 6).

$$1 \times CD \leq V \leq 3 \times CD \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

CD – Consumo diário, em Litros por dia;

V – Volume total reservado.

A norma ABNT NBR 5626:1998 aconselha a distribuição do volume armazenado em reservatórios superior e inferior a uma taxa de 40% e 60% do volume total, respectivamente.

Macintyre (1996) recomenda que o diâmetro da tubulação do extravasor do reservatório seja a bitola comercial acima da utilizada na alimentação do reservatório.

4.1.4 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

No dimensionamento da rede interna de distribuição as vazões dos ramais e sub-ramais são obtidas por meio da Tabela 6 que relaciona os pesos relativos, obtidos empiricamente, com a vazão de projeto (ABNT NBR 5626:1998).

Tabela 6 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projetos 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	0,1	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,2	0,4

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Para dimensionar as tubulações do barrilete, das prumadas, ramais e sub-ramais a ABNT NBR 5626:1998 utiliza uma rotina de cálculos, demonstrada na Tabela 7, a serem utilizados para preenchimento da planilha modelo apresentada na Figura 8.

Tabela 7– Rotina para dimensionamento das tubulações

Passo	Atividade	Coluna da planilha a preencher
1º	Preparar o esquema isométrico da rede e numerar seqüencialmente cada nó ou ponto de utilização desde o reservatório ou desde a entrada do cavalete	
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 (10 kN/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	

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Figura 8 – Planilha modelo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro	Velocidade	Perda de carga unitária	Diferença de cota desce + sobe -	Pressão disponível (14) + 10 x (7)	Comprimento da tubulação		Perda de carga			Pressão disponível residual (8) - (13)	Pressão requerida no ponto de utilização
								Real	Equivalente	Tubulação (10) x (6)	Registros e outros	Total (11) + (12)		
		L/s	mm	m/s	kPa/m	m	kPa	m	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

A Equação 7 estima a vazão na tubulação em análise (ABNT NBR 5626:1998).

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

Q – Vazão estimada da seção considerada, em Litros por segundo;

$\sum P$ – Soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

A Equação 8 determina a velocidade da água dentro da tubulação em análise. Para dimensionar o diâmetro da tubulação compara-se a vazão estimada na Equação 7 e busca-se um diâmetro que suporte a vazão na Tabela 1. As perdas de carga são calculadas pelas Equações 2 e 3, dependendo do tipo de material que é constituída a tubulação.

$$v = 4000 \times \frac{Q}{\pi \times d^2} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

v – Velocidade, em m/s;

Q – Vazão estimada, em L/s;

d – Diâmetro interno da tubulação, em mm.

A perda de carga total é obtida multiplicando o comprimento da tubulação pela perda de carga unitária. No entanto as tubulações possuem peças especiais e conexões. A perda de carga nesses elementos é calculada pelo método dos comprimentos virtuais ou equivalentes, que compara a perda de carga produzida por uma peça especial ou conexão com a mesma perda de carga produzida por um comprimento equivalente de um tubo de mesmo material e diâmetro. Tais valores são encontrados na Tabela 8 e 9. A perda de carga em registro de gaveta aberto é desconsiderada por apresentar valores baixos (MACINTYRE, 1996).

Tabela 8 – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo rugoso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	...	0,7	5,5
125	4,7	2,2	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	...	1,0	8,2

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

Tabela 9 – Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: ABNT NBR 5626 (1998).

A Equação 9 calcula a perda de carga em válvulas de pressão (torneiras e registros de pressão) e o valor do coeficiente de perda de carga, presente na equação, é dado pela Tabela 10. A ABNT NBR 5626:1998 indica a norma NBR 10071:1994 para obter a Tabela 10 com o valor do coeficiente K, mas ela fora substituída pela ABNT NBR 15704-1:2011.

$$h_f = 8 \times 10^6 \times \left(\frac{K \times Q}{\pi \times D^2} \right)^2 \quad \text{Eq. 9}$$

Onde:

h_f – Perda de carga, em kPa;

K – Coeficiente de perda de carga;

Q – Vazão, em L/s;

D – Diâmetro, em mm.

Tabela 10 – Valores máximos do coeficiente K da perda de carga

Diâmetro nominal DN	Diâmetro externo DE	Valores de K	Faixa de vazão para determinação de K L/s
15	20	45	0,25 ± 0,05
20	25	40	0,50 ± 0,10
25	32	32	0,85 ± 0,25

Fonte: ABNT NBR 15704-1 (2011).

Verifica-se a pressão disponível em cada ponto de utilização e na rede. A pressão na rede não deve ser inferior a 5 kPa (0,5 m.c.a.), 10 kPa (1 m.c.a.) para os pontos de utilização, com exceção da válvula de descarga que deve ser de no mínimo 15 kPa (1,5 m.c.a.). Com esse método calcula-se o diâmetro das tubulações do barrilete, colunas, ramais e sub-ramais, atendendo as exigências da norma ABNT NBR 5626:1998.

4.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

O dimensionamento das instalações prediais de esgoto sanitário pode ser realizado pelo método hidráulico ou pelo método das unidades de *Hunter*, que são mencionados e explicados pela norma ABNT NBR 8160:1999.

O sistema de esgoto sanitário trabalha sempre que possível com escoamento livre, mas quando se trata de dimensionamento se torna complexo visto a ocorrência de escoamento gradualmente e bruscamente variado no interior das tubulações. A unidade *Hunter* é um valor que correlaciona a probabilidade de simultaneidade de uso da vazão dos aparelhos sanitários em hora de contribuição máxima, assim foram criadas várias tabelas para facilitar o dimensionamento do sistema esgoto sanitário (BAPTISTA, 2010).

A Unidade *Hunter* de Contribuição (UHC) equipara à descarga de um lavatório residencial, onde numericamente representa 0,15 L/s. Assim foi confeccionada a Tabela 11 que relaciona os aparelhos sanitários com os diâmetros mínimos dos ramais de descarga (NETTO, 2015).

Tabela 11 – Unidades de *Hunter* de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

Aparelho sanitário		Número de unidades de <i>Hunter</i> de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga
Bacia sanitária		6	100
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	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
Máquina de lavar roupas		3	50

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

4.2.1 DIMENSIONAMENTO DOS DESCONNECTORES

Os desconectores devem garantir o fecho hídrico de altura de 50 mm e o orifício de saída deve ter diâmetro igual ou maior que os dos ramais de descarga conectados a ele. Netto (2015) relaciona o diâmetro da caixa sifonada com a UHC, apresentando a Tabela 12. O valor máximo de UHC por caixa sifonada é de 15 UHC, caso ultrapasse é preciso a implementação de uma outra caixa sifonada.

Tabela 12 – Dimensionamento dos desconectores

Número de unidades <i>Hunter</i> de contribuição	Diâmetro
até 6 UHC	DN 100 mm (4")
de 6 a 10 UHC	DN 125 mm (5")
de 10 a 15 UHC	DN 150 mm (6")
acima de 15 UHC	acrescentar outra caixa

Fonte: Netto (2015).

O ramal de esgoto de uma caixa sifonada é dimensionado segundo a Tabela 13 que relaciona o diâmetro do ramal de descarga com a UHC para os aparelhos sanitários que não estão presentes na Tabela 11 (ABNT NBR 8160:1999).

Tabela 13 – Unidades de *Hunter* de Contribuição para aparelhos não mencionados na Tabela

11

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga	Número de unidades de <i>Hunter</i> de contribuição
DN	UHC
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

4.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO

A norma brasileira ABNT NBR 8160:1999 indica a Tabela 11 para o dimensionamento dos ramais de descarga. Caso algum aparelho sanitário não esteja presente na Tabela 11 o mesmo é dimensionado pela Tabela 13. Já no caso dos ramais de esgoto é utilizado a Tabela 14 que relaciona o diâmetro nominal mínimo do ramal com o número máximo de UHC.

Tabela 14 – Dimensionamento de ramais de esgoto

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

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

4.2.3 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA

O dimensionamento do tubo de queda é realizado para o total de UHC que o mesmo deverá receber e não por trechos, pois o mesmo deve ter diâmetro uniforme em toda sua extensão. O mesmo é dimensionado pela Tabela 15 que relaciona o diâmetro nominal do tubo de queda com o número máximo de UHC em duas situações, sendo a primeira para prédios de até três pavimentos e segunda para prédios com mais de três pavimentos (NETTO, 2015).

O diâmetro do tubo de queda deve ser maior ou igual ao da tubulação a ele ligada. O diâmetro mínimo recomendado para tubo de queda que recebem efluentes fecais é de 100 mm, já para efluentes de pias de cozinha é de no mínimo 75 mm, salvo em edificações de até dois andares que recebem até 6 UHC, neste caso o diâmetro mínimo do tubo de queda é de 50 mm (BAPTISTA, 2010).

Tabela 15 – Dimensionamento de tubo de queda

Diâmetro nominal de tubo DN	Número máximo de unidades de <i>Hunter</i> 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

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

A ligação entre o ramal de esgoto e o tubo de queda deverá ser realizada com junção a 45° simples ou dupla, devendo sempre estar atento para as zonas de sobrepessão em tubos de queda com a presença de detergentes (NETTO, 2015).

4.2.4 DIMENSIONAMENTO DO COLETOR PREDIAL E SUBCOLETORES

O coletor predial tem o diâmetro mínimo de 100 mm. O dimensionamento dos coletores e subcoletores é por meio da Tabela 16 que relaciona o diâmetro nominal de uma tubulação com a UHC em função da declividade da tubulação. Ao dimensionar prédios residenciais deve ser

computada apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro para o somatório final, nos demais casos devem ser considerados todos os aparelhos sanitários (ABNT NBR 8160:1999).

Tabela 16 – Dimensionamento de coletor predial e subcoletores

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

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

O coletor predial e os subcoletores devem ser retílineos e os desvios, quando indispensáveis, devem ter curva de no máximo 45°, acompanhados com dispositivo que permita a inspeção e manutenção (ABNT NBR 8160:1999).

4.2.5 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE GORDURA E INSPEÇÃO

A norma brasileira ABNT NBR 8160:1999 prescreve alguns tipos de caixas de gordura em função do número de cozinhas que a mesma deve atender. Elas são divididas em quatro tipos:

- Caixa de gordura pequena para coleta de uma cozinha com capacidade de reter 18 L;
- Caixa de gordura simples para coleta de duas cozinhas com capacidade de reter 31 L;
- Caixa de gordura dupla para coleta de até doze cozinhas com capacidade de reter 120L;
- Caixa de gordura especial para coleta acima de doze cozinhas cujo volume de retenção de gordura deve ser calculado.

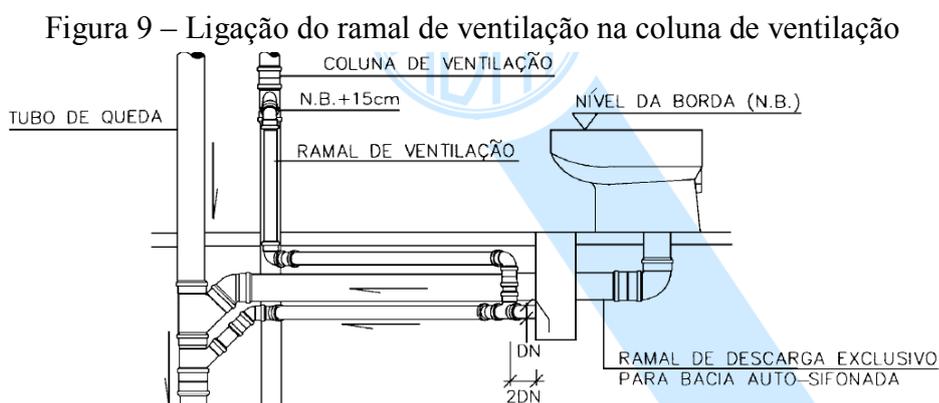
As caixas de inspeção são padronizadas pela norma ABNT NBR 8160:1999. Esta caixa deve ter no máximo um metro de profundidade, com formato prismático de lado interno de pelo menos 60 centímetros ou cilíndrico com diâmetro mínimo de 60 centímetros, possuir tampa de fecho hermético e com fundo propício para escoamento rápido a fim de evitar depósitos.

As distâncias entre as caixas e outros elementos também são padronizados afim de garantir a longevidade da rede. A distância de 25 metros é a máxima permitida entre duas caixas de inspeção. Os comprimentos dos trechos dos ramais de descarga e esgoto de bacias sanitárias, caixas de gordura e caixas sifonadas, medidos entre os mesmos e os dispositivos de inspeção, não deve ser superior a 10 metros (ABNT NBR 8160:1999).

4.2.6 DIMENSIONAMENTO DO SUBSISTEMA DE VENTILAÇÃO

A ventilação de um desconector é realizado por um ramal de ventilação que é ligado a uma coluna de ventilação sempre a uma altura superior a 15 centímetros do nível de transbordamento, como pode ser observado na Figura 9. Netto (2015) recomenda que os desconectores devem ser ventilados e dimensionados conforme a Tabela 17, exceto nos seguintes casos:

- Quando os desconectores estiverem ligados a tubos de quedas que não recebem descarga de vasos sanitário, respeitadas as distâncias da Tabela 18;
- Quando o desconector instalado no último pavimento de uma edificação e o número de UHC não for superior a 15;
- Quando o desconector for instalado no térreo e for ligado a um subcoletor ventilado.



Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Tabela 17 – Dimensionamento de ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de <i>Hunter</i> de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de <i>Hunter</i> 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	-	-

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

Tabela 18 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

Diâmetro nominal do ramal de descarga DN	Distância máxima m
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

O barrilete e a coluna de ventilação são dimensionados pela Tabela 19, que correlaciona o diâmetro nominal do tubo ventilador com o comprimento máximo em função do número máximo de UHC com o diâmetro do tubo de queda ou ramal de esgoto.

Tabela 19 – Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação

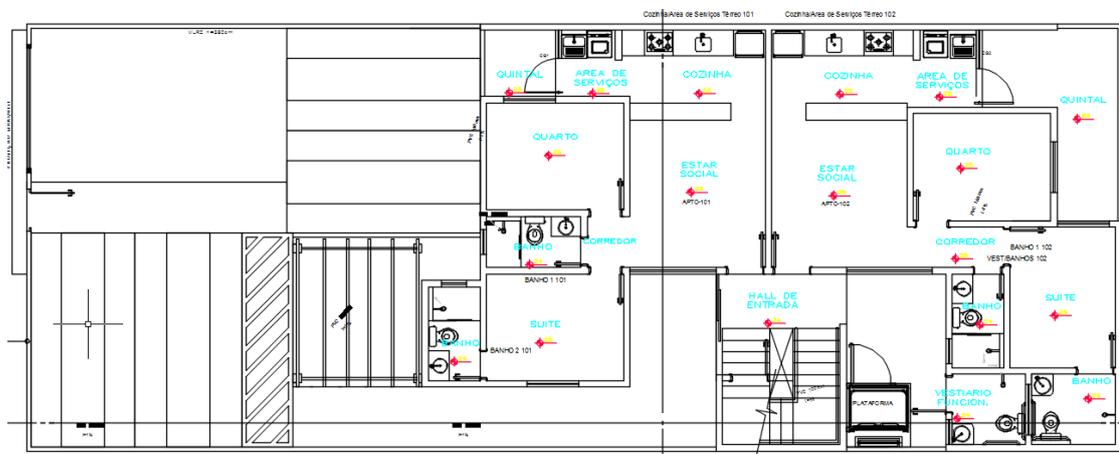
Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto DN	Número de unidades de <i>Hunter</i> de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido (m)							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	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

Fonte: ABNT NBR 8160 (1999).

5 DIMENSIONAMENTO

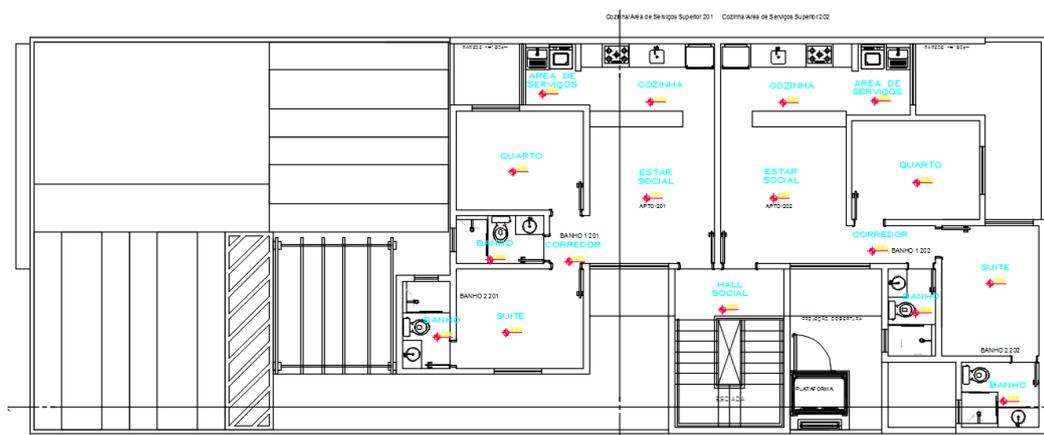
O projeto trata de uma edificação residencial de dois pavimentos, com dois apartamentos no térreo e dois apartamentos no primeiro andar, totalizando um total de quatro apartamentos, com as vagas de garagem, sem cobertura, localizadas na parte da frente da edificação. A edificação será construída em um terreno com 255 m², onde o pavimento térreo terá uma área construída de 177 m² e o pavimento superior 112 m². Cada apartamento tem cerca de 55 m². A edificação será em alvenaria convencional, tijolo cerâmico, com estrutura das lajes, vigas e pilares em concreto armado. As instalações prediais de água fria e esgoto sanitário serão de PVC e o sistema de abastecimento da rede interna da edificação será indireto. As Figuras 10 e 11 são a planta baixa dos pavimentos inferior e superior da edificação.

Figura 10 – Planta baixa do pavimento inferior



Fonte: Autor (2019).

Figura 11 – Planta baixa do pavimento superior



Fonte: Autor (2019).

5.1 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

Nesta etapa do trabalho foi feito o dimensionamento das instalações de água fria de uma edificação residencial multifamiliar.

Calcula-se o consumo diário conforme descrito no Item 4.1.1. Na Tabela 4 encontra-se o número de pessoas a considerar em cada quarto para um prédio de apartamentos. Como há dois quartos por apartamento e um total de quatro apartamentos chega-se ao valor de oito quartos, logo estima-se uma população de 16 pessoas para a edificação. Com a Tabela 3 encontra-se o consumo *per capita*, 200 Litros por dia e utilizando a Equação 4 encontra-se o consumo diário.

$$CD = P \times C_{per\ capita}$$

$$CD = 16 \times 200 = 3.200 \frac{L}{dia}$$

Com o valor do consumo diário determina-se o diâmetro mínimo do ramal predial e por consequência o cavalete do hidrômetro e alimentador predial. Por se tratar de uma edificação pequena pode-se adotar o valor de $\frac{3}{4}$ ”, mas por meio dos cálculos de estimativa do consumo mensal é possível determinar o diâmetro consultando a Tabela 5.

$$CM = 30 \times CD$$

$$CM = 30 \times 3.200 = 96.000 L = 96 m^3$$

Consultando a Tabela 5 conclui-se que o ramal predial, o cavalete e o alimentador predial terão o diâmetro de $\frac{3}{4}$ ” e a descarga característica do hidrômetro será de 3 m³/h.

Encontra-se o volume do reservatório utilizando a Equação 6 com o valor igual a 1,5 vezes o consumo diário, logo mantendo a edificação por um dia e meio sem abastecimento público.

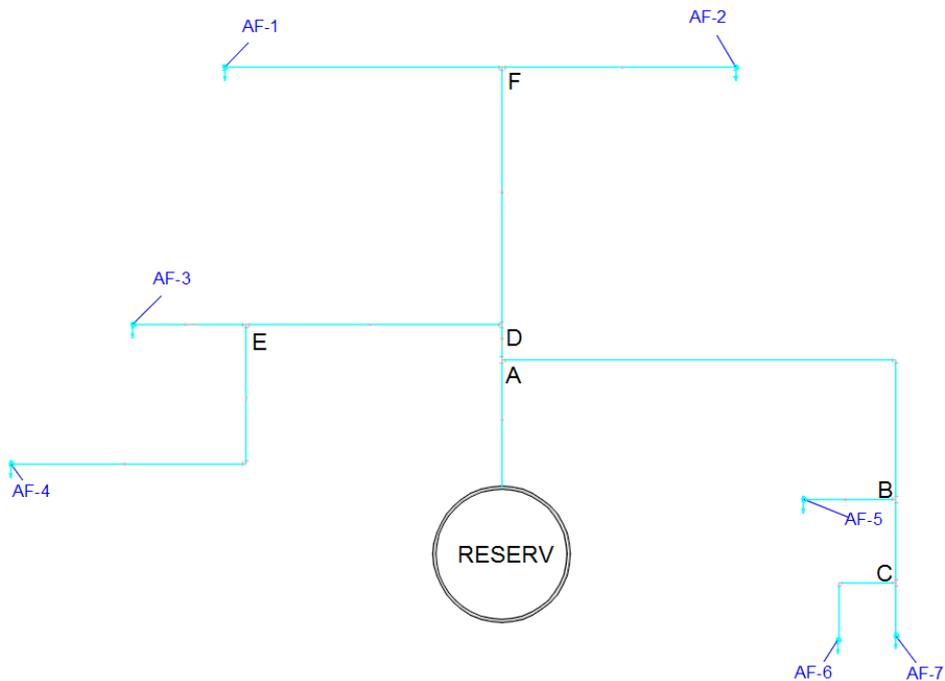
$$V = 1,5 \times CD = 1,5 \times 3200 = 4.800 L$$

O reservatório adotado foi de 5.000 L e como o alimentador é de $\frac{3}{4}$ ”, foi adotado um extravasor com uma bitola comercial acima, logo de 1”.

Para o dimensionamento das tubulações é necessário apresentar os isométricos da rede interna de distribuição. Após estudos de trajetos chegou-se a uma configuração de um barrilete

ramificado com um total de sete prumadas que alimentará as cozinhas, áreas de serviços e os banheiros, conforme Figura 12.

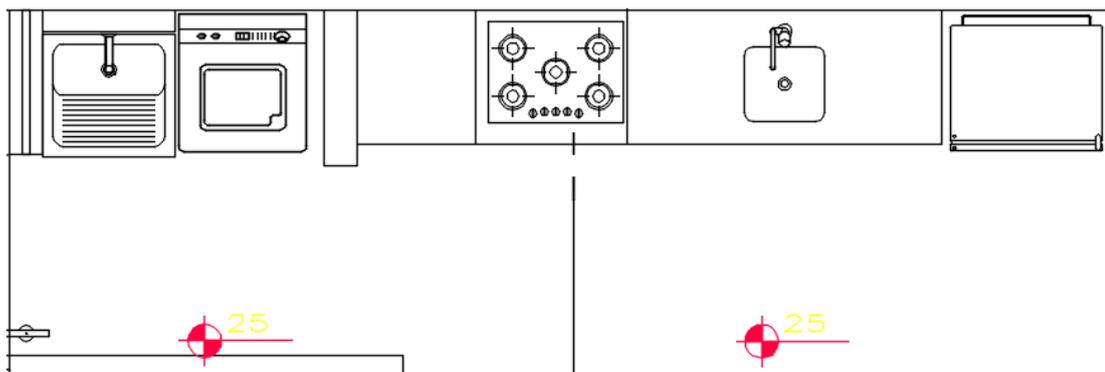
Figura 12 – Barrilete e colunas de água fria



Fonte: Autor (2019).

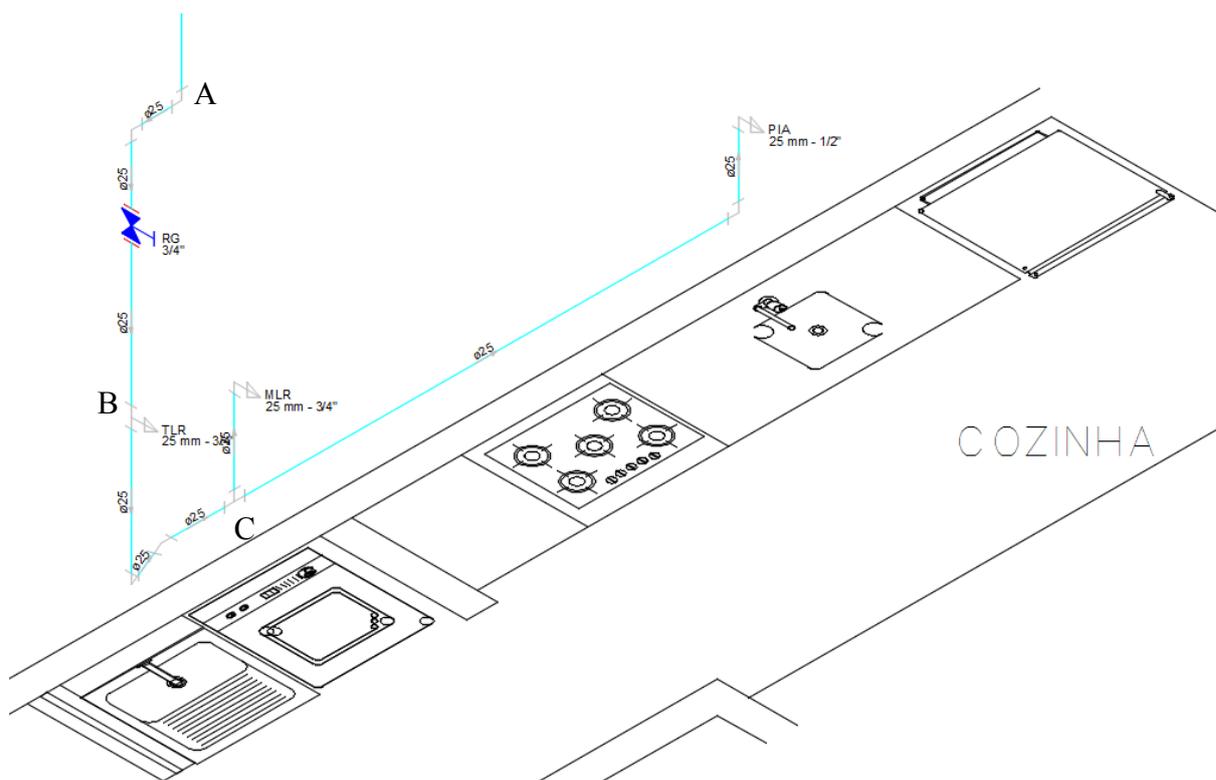
Foi calculado os pesos da cozinha e área de serviços, pois compartilham a mesma prumada de água fria, e dos banheiros. Com o projeto arquitetônico da cozinha/área de serviços (Figura 13) identifica-se as seguintes peças de utilização: pia da cozinha, tanque da área de serviços e a máquina de lavar roupas. Assim, apresenta-se o isométrico das tubulações de água fria (Figura 14).

Figura 13 – Planta baixa da cozinha e área de serviços Ap. 101



Fonte: Autor (2019).

Figura 14 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 101



Fonte: Autor (2019).

Com o isométrico da cozinha/área de serviços, consulta-se a Tabela 6 para obter os pesos das peças de utilização (segunda coluna da Tabela 20), e realiza-se o somatório de pesos relativos. Com a Equação 7, que relaciona os pesos com a vazão necessária para o bom funcionamento das peças de utilização, calcula-se a vazão (terceira coluna da Tabela 20). Com a vazão consulta-se na Tabela 1 e adota-se o diâmetro do tubo (quarta coluna da Tabela 20). Em seguida a velocidade da água na tubulação é calculada com a Equação 8 (quinta coluna da Tabela 20). A perda de carga unitária foi calculada com a Equação 3, por se tratar de uma tubulação de PVC (sexta coluna da Tabela 20). Para o cálculo da perda de carga total de cada trecho é necessário o comprimento da tubulação de cada trecho (sétima coluna da Tabela 20) e a identificação das singularidades (oitava coluna da Tabela 20). Com a Tabela 9 foi identificado e somado os comprimentos equivalentes das singularidades (nona coluna da Tabela 20). Com os comprimentos e as perdas de carga unitária de cada trecho foi possível calcular a perda de carga total de cada trecho (décima, décima-primeira e décima-segunda colunas da Tabela 20). Os resultados obtidos para a cozinha/área de serviços do Apartamento 101 estão expressos na Tabela 20 e toda essa rotina de cálculo é baseada na rotina presente na ABNT NBR 5626:1998, conforme descrito na Tabela 7.

Cálculos realizado para cada trecho

$$Q = 0,3 \times \sqrt{2,4} = 0,465 \frac{l}{s}$$

$$v = 4000 \times \frac{0,465}{\pi \times 21,6^2} = 1,268 \frac{m}{s}$$

$$J = 8,63 \times 10^6 \times 0,465^{1,75} \times 21,6^{-4,75} = 0,104 \frac{m}{m}$$

$$h_{f-tubulação} = 0,104 \times 1,52 = 0,158 m$$

$$h_{f-singularidade} = 0,104 \times 2,4 = 0,250 m$$

$$h_{f-tub+sing} = 0,158 + 0,250 = 0,408 m$$

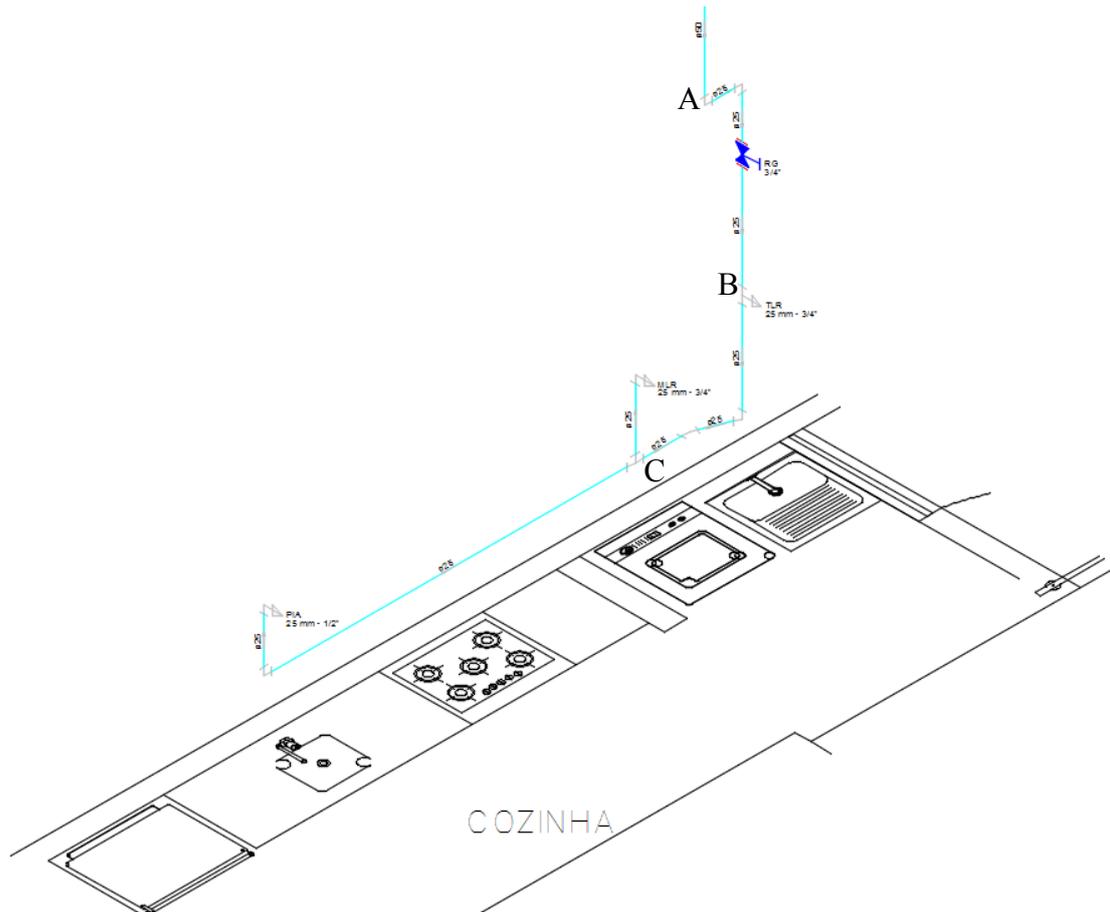
Tabela 20 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 101

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	2,4	0,465	21,6	1,268	0,104	1,52	J90 + RG + T pass	2,4	0,158	0,250	0,408
B - TQ	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	0,00	T lat	3,1	0,000	0,110	0,110
B - C	1,7	0,391	21,6	1,067	0,077	1,33	J90 + J45 + T pass	3,1	0,102	0,239	0,341
C - MLR	1,0	0,300	21,6	0,819	0,048	0,53	T lat + J90	4,6	0,025	0,223	0,248
C - PIA	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,95	J 90 + J 90	3,0	0,105	0,106	0,211
Somatório	6,500										

Fonte: Autor (2019).

O procedimento foi reproduzido para as cozinhas/áreas de serviços e banheiros de toda a edificação, onde os isométricos são apresentados pelas Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26, juntamente com o seu memorial de cálculo exibido nas Tabelas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32. Os isométricos podem ser observados em escala no Anexo A.

Figura 15 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 102



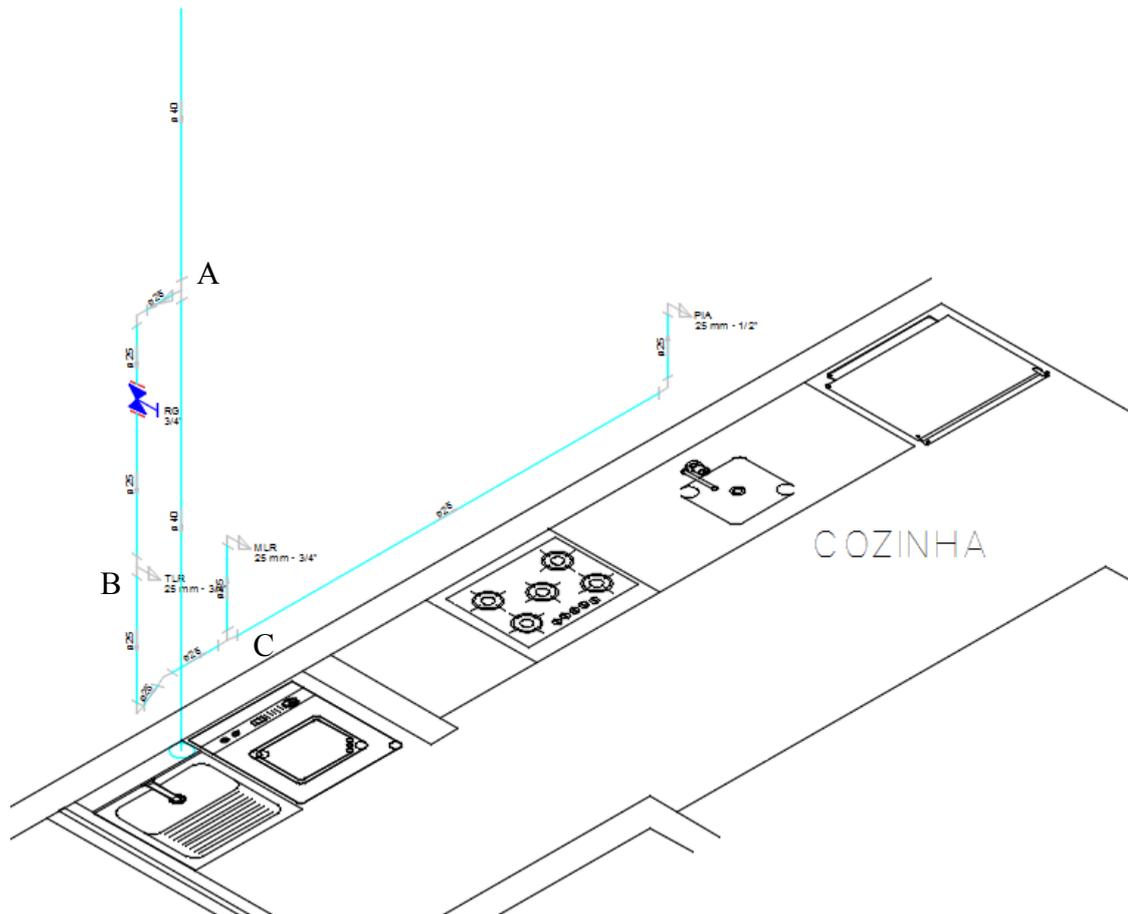
Fonte: Autor (2019).

Tabela 21– Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 102

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	2,4	0,465	21,6	1,268	0,104	1,52	J90 + RG + T pass	2,4	0,158	0,250	0,408
B - TQ	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	0,00	T lat	3,1	0,000	0,110	0,110
B - C	1,7	0,391	21,6	1,067	0,077	1,33	J90 + J45 + T pass	3,1	0,102	0,239	0,341
C - MLR	1,0	0,300	21,6	0,819	0,048	0,53	T lat + J90	4,6	0,025	0,223	0,248
C - PIA	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,95	J 90 + J 90	3,0	0,105	0,106	0,211
Somatório	6,500										

Fonte: Autor (2019).

Figura 16 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 201



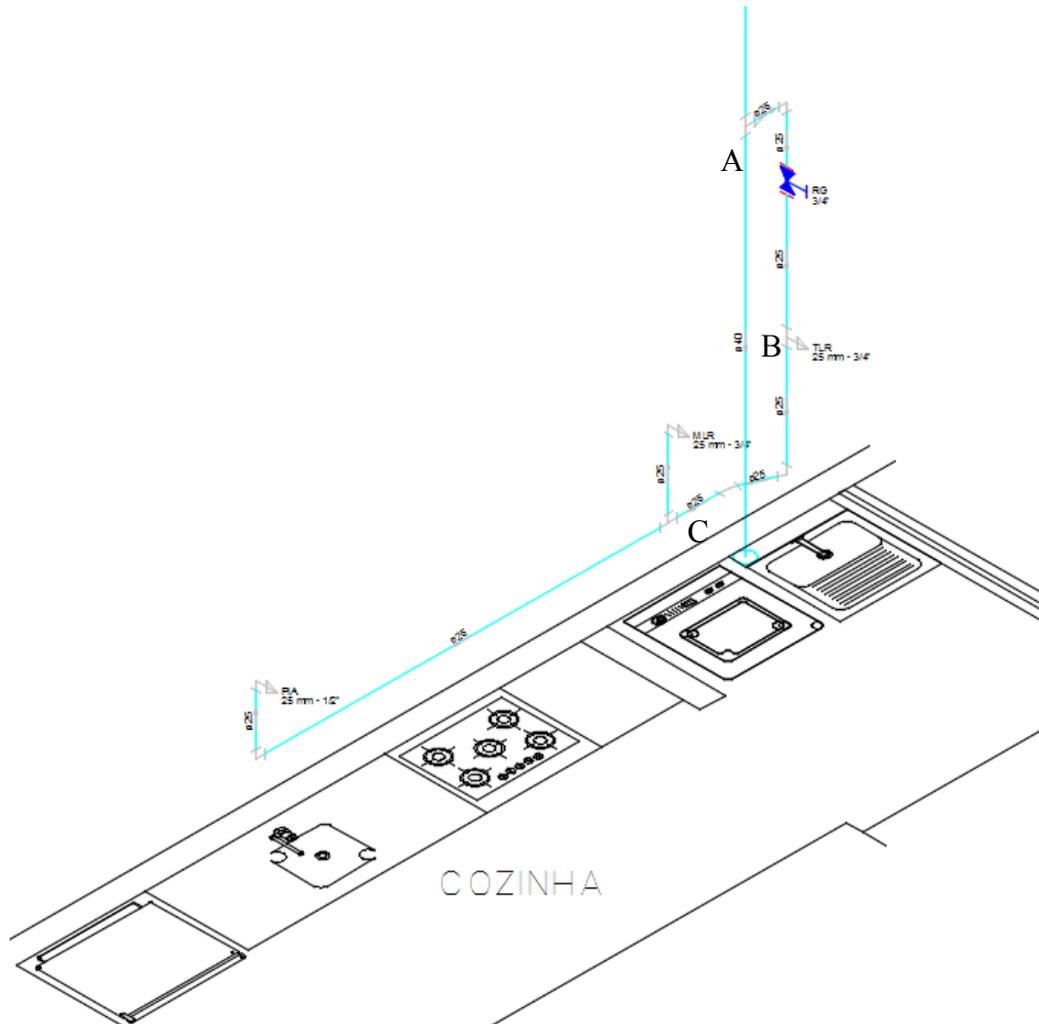
Fonte: Autor (2019).

Tabela 22 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 201

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	2,4	0,465	21,6	1,268	0,104	1,52	J90 + RG + T pass	2,4	0,158	0,250	0,408
B - TQ	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	0,00	T lat	3,1	0,000	0,110	0,110
B - C	1,7	0,391	21,6	1,067	0,077	1,33	J90 + J45 + T pass	3,1	0,102	0,239	0,341
C - MLR	1,0	0,300	21,6	0,819	0,048	0,53	T lat + J90	4,6	0,025	0,223	0,248
C - PIA	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,95	J 90 + J 90	3,0	0,105	0,106	0,211
Somatório	6,500										

Fonte: Autor (2019).

Figura 17 – Isométrico da cozinha/área de serviços Ap. 202



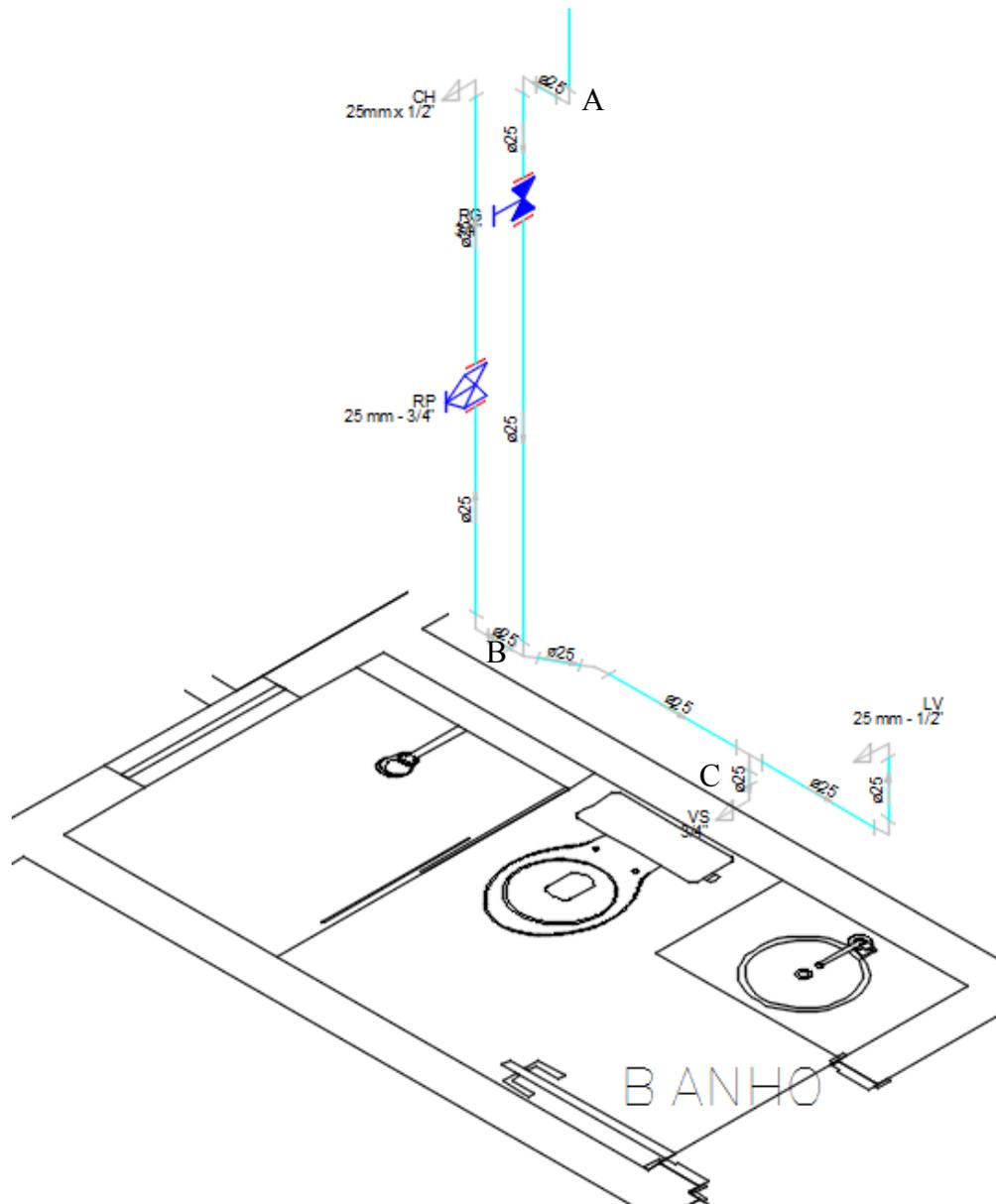
Fonte: Autor (2019).

Tabela 23 – Memorial de cálculo: cozinha/área de serviços Ap. 202

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	2,4	0,465	21,6	1,268	0,104	1,52	J90 + RG + T pass	2,4	0,158	0,250	0,408
B - TQ	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	0,00	T lat	3,1	0,000	0,110	0,110
B - C	1,7	0,391	21,6	1,067	0,077	1,33	J90 + J45 + T pass	3,1	0,102	0,239	0,341
C - MLR	1,0	0,300	21,6	0,819	0,048	0,53	T lat + J90	4,6	0,025	0,223	0,248
C - PIA	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,95	J 90 + J 90	3,0	0,105	0,106	0,211
Somatório	6,500										

Fonte: Autor (2019).

Figura 18 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 101



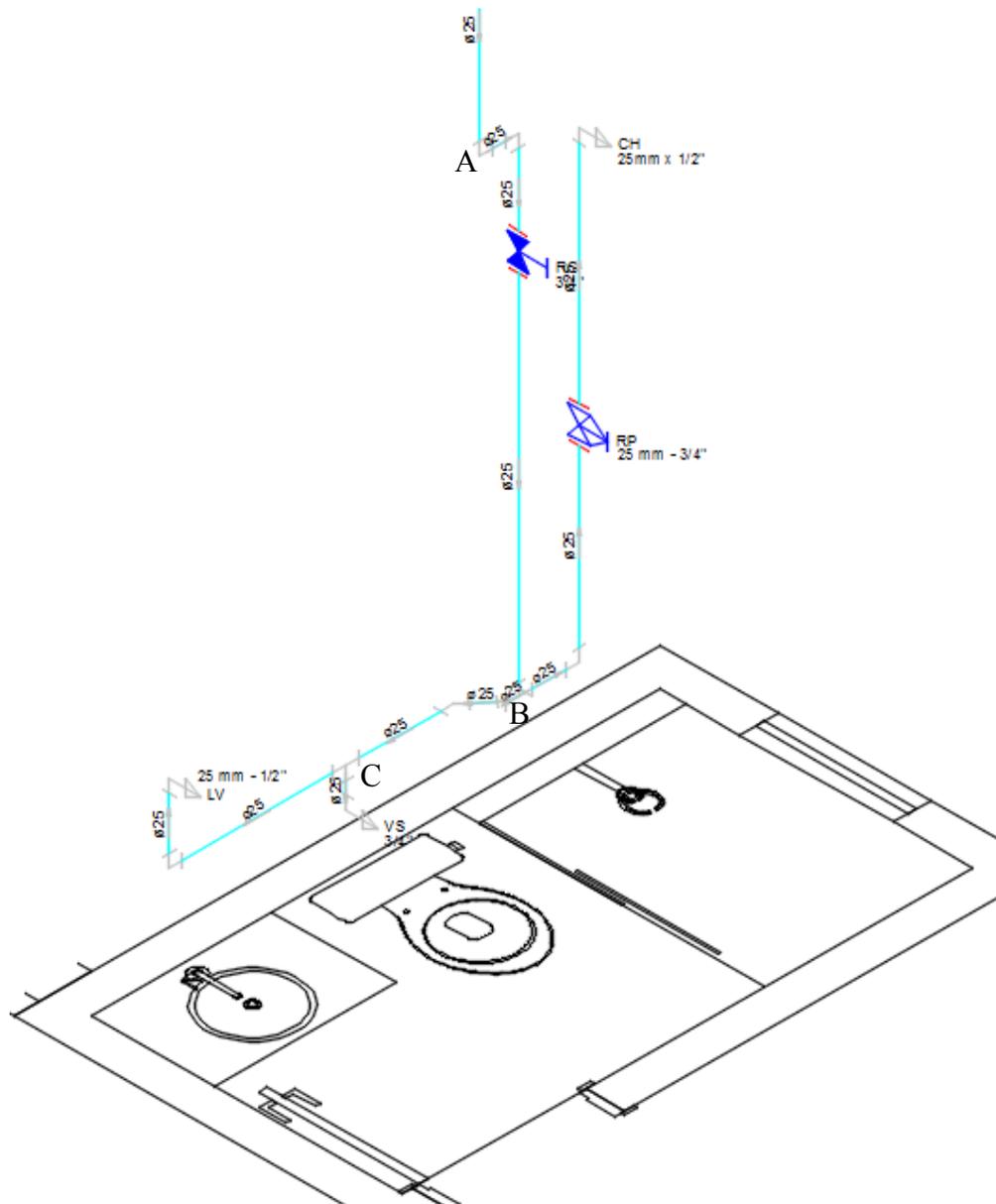
Fonte: Autor (2019).

Tabela 24 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 101

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,20	J90 + RG + T lat	4,6	0,078	0,163	0,241
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	1,98	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,82	J45 + T pass	1,6	0,025	0,050	0,075
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,82	J90 + J90	3,0	0,014	0,051	0,065
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 19 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 101



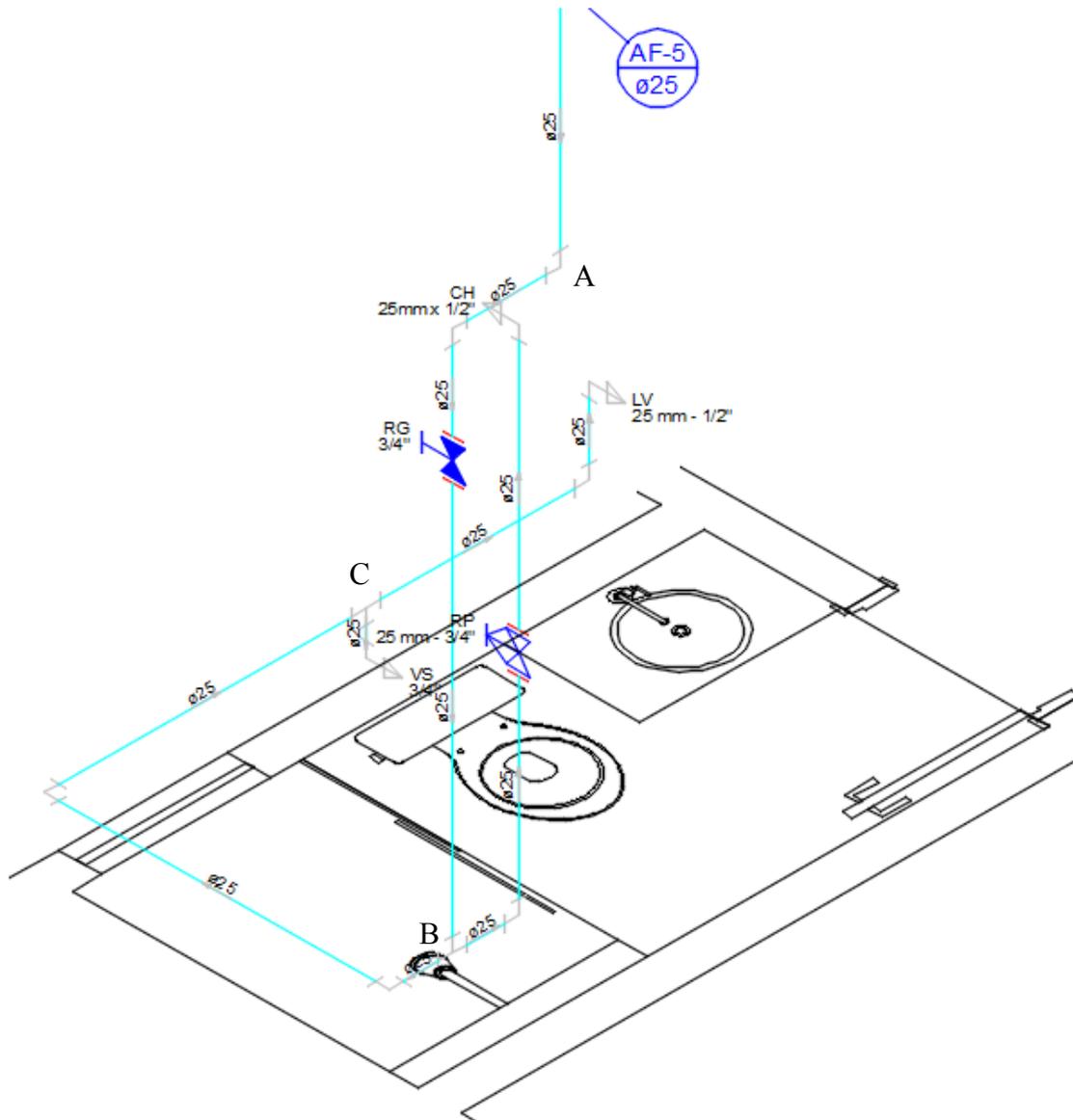
Fonte: Autor (2019).

Tabela 25 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 101

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,20	J90 + RG + T lat	4,6	0,078	0,163	0,241
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	1,98	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,82	J45 + T pass	1,6	0,025	0,050	0,075
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,82	J90 + J90	3,0	0,014	0,051	0,065
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 20 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 102



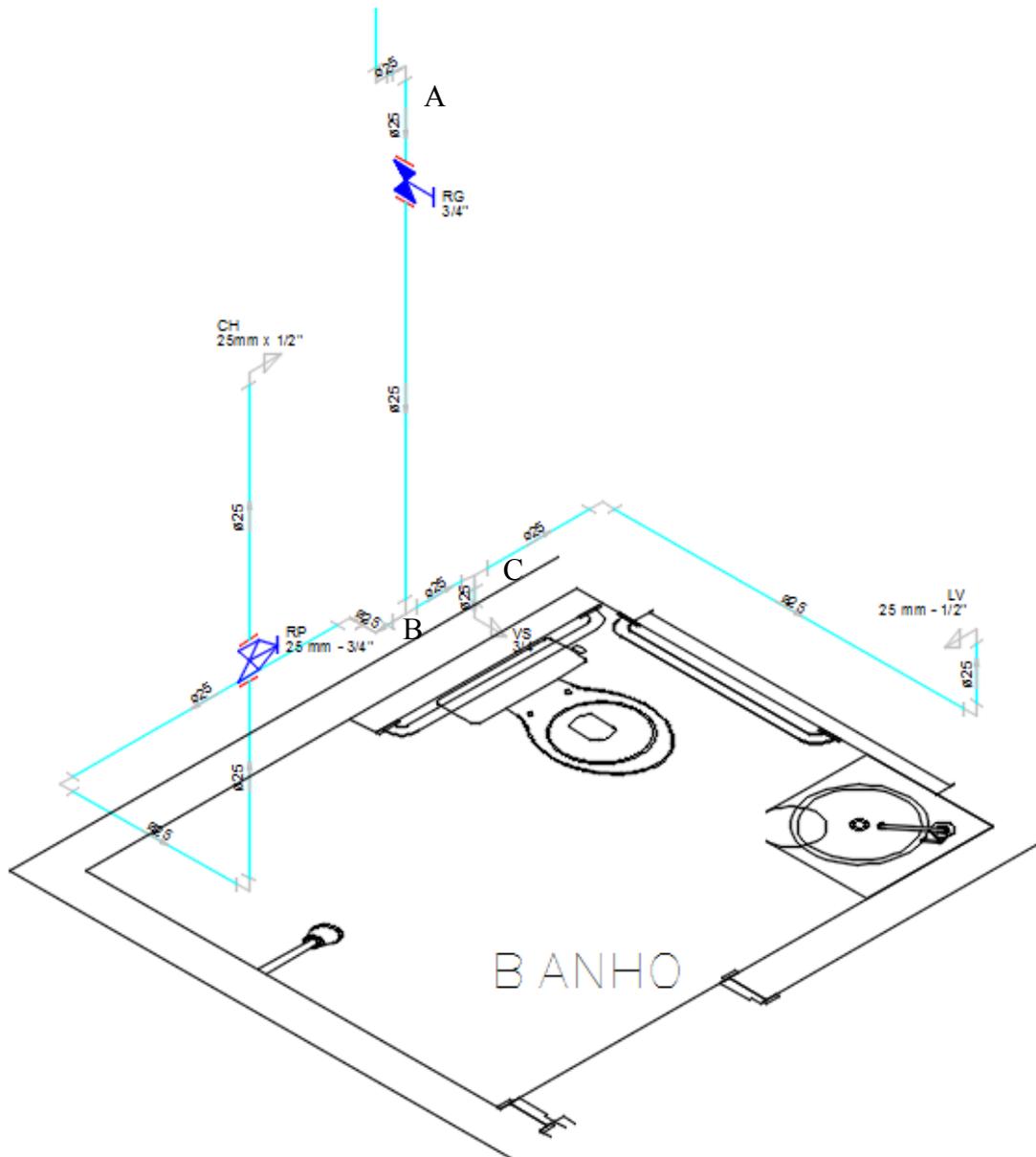
Fonte: Autor (2019).

Tabela 26 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 102

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,28	J90 + RG + T lat	4,6	0,081	0,163	0,244
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	2,05	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	2,54	J90 + J90 + T pass	3,9	0,079	0,121	0,200
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	1,07	J90 + J90	3,0	0,018	0,051	0,069
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 21 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 102



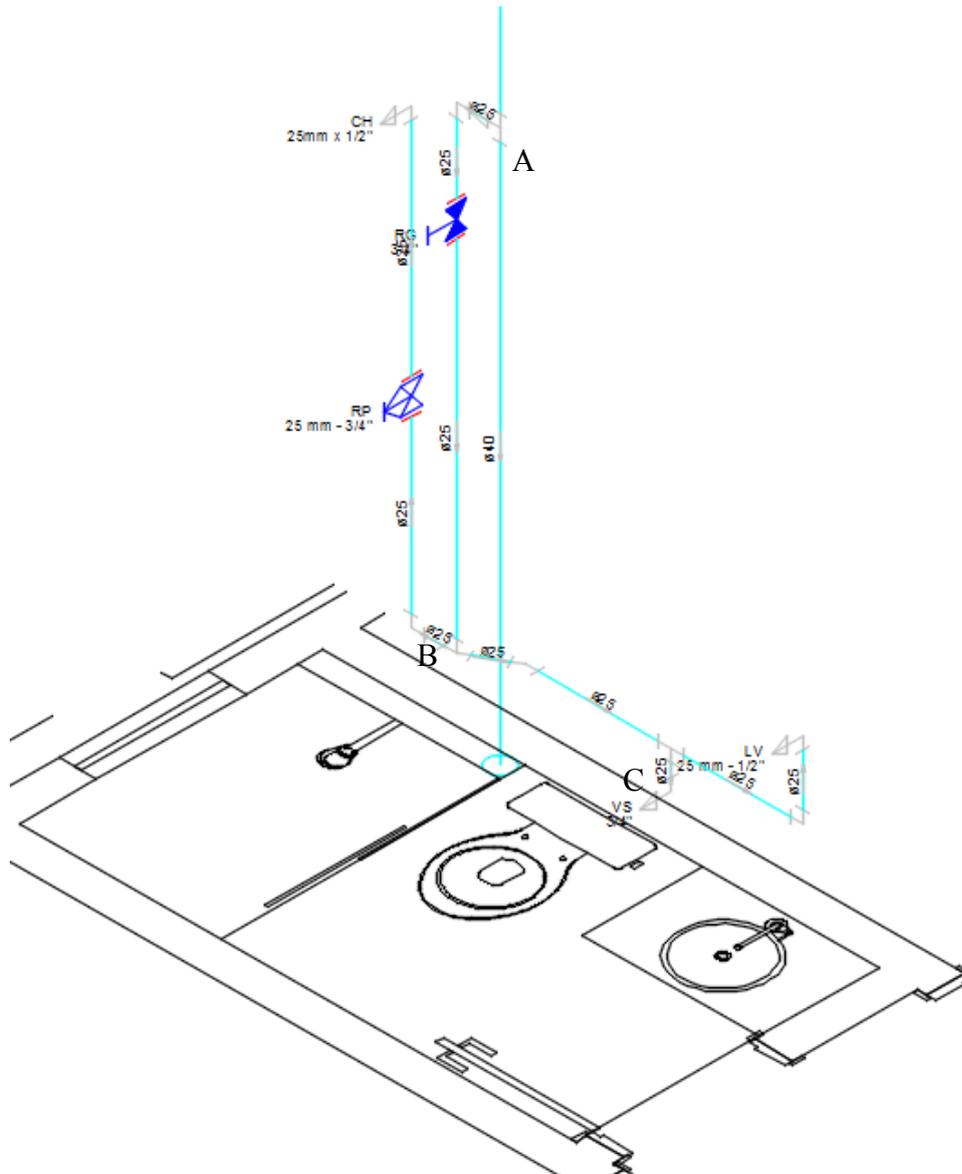
Fonte: Autor (2019).

Tabela 27 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 102

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,20	J90 + RG + T lat	4,6	0,078	0,163	0,241
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,28	T pass	0,9	0,009	0,028	0,036
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	2,29	J90 + J90 + J90	4,5	0,039	0,076	0,115
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	3,92	4 x J90 + RP + J90	7,6	0,025	0,049	0,075
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 22 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 201



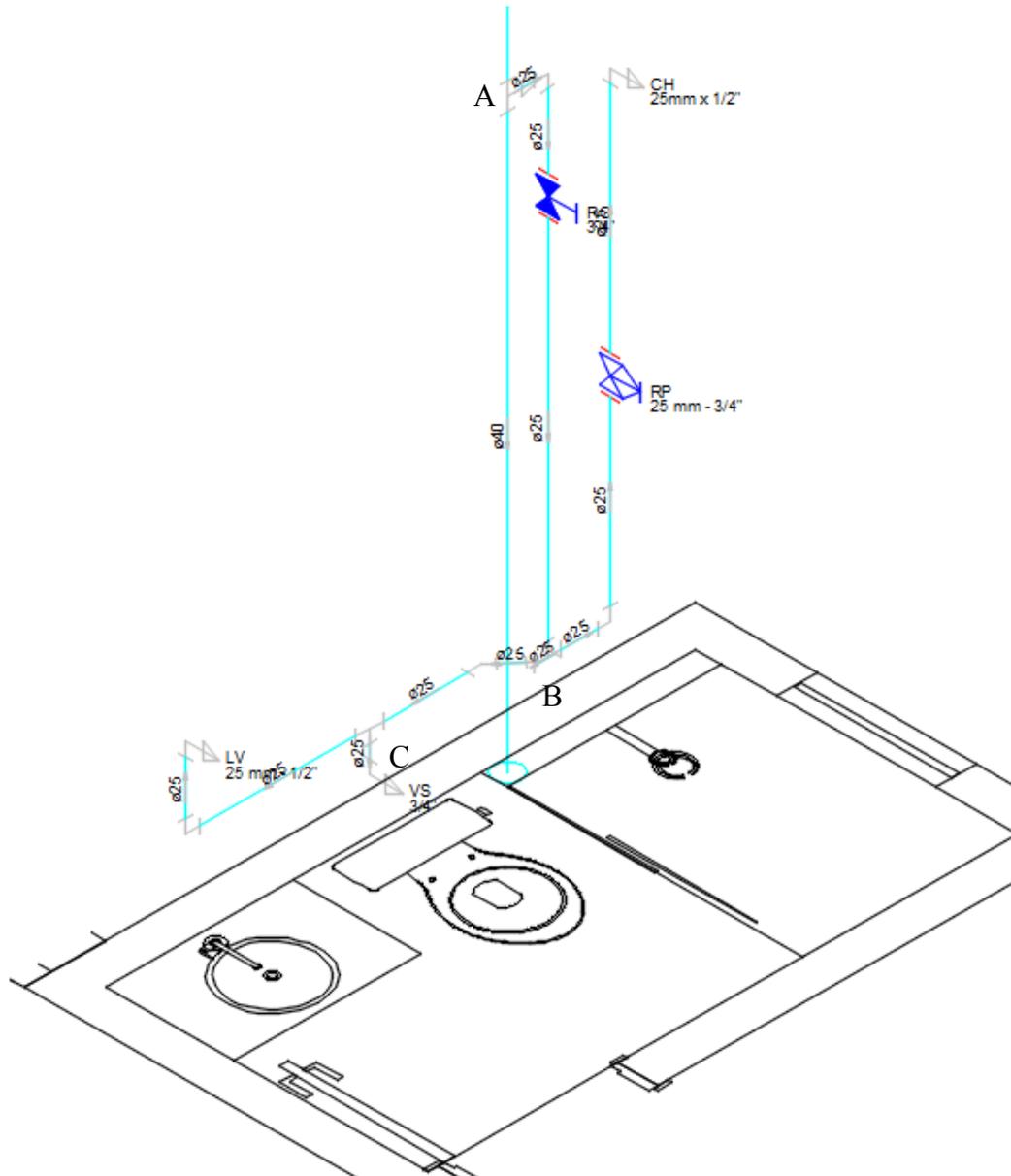
Fonte: Autor (2019).

Tabela 28 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 201

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,20	J90 + RG + T lat	4,6	0,078	0,163	0,241
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	1,98	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,82	J45 + T pass	1,6	0,025	0,050	0,075
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,82	J90 + J90	3,0	0,014	0,051	0,065
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 23 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 201



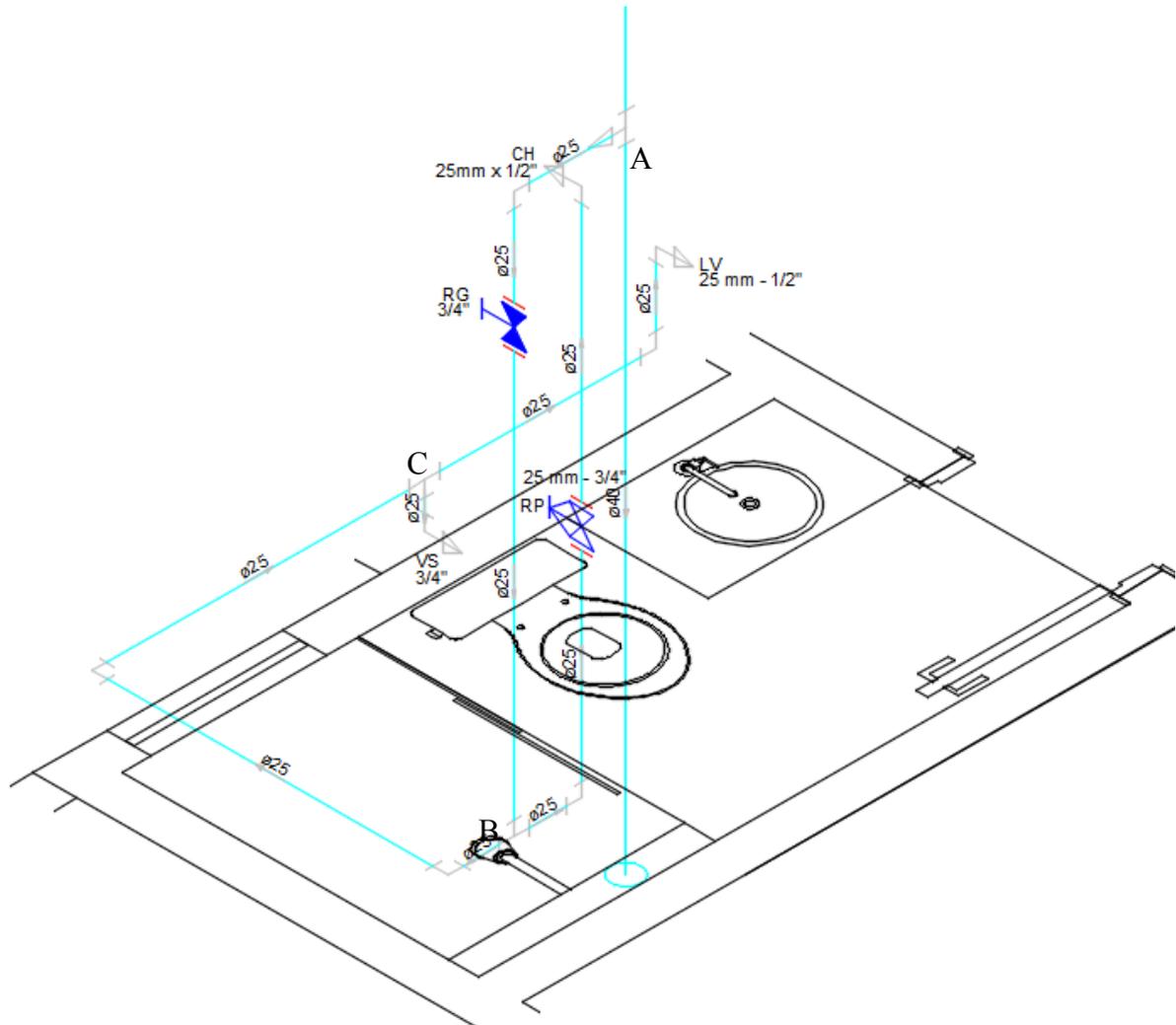
Fonte: Autor (2019).

Tabela 29 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 201

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,25	J90 + RG + T lat	4,6	0,080	0,163	0,243
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	1,98	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,82	J45 + T pass	1,6	0,025	0,050	0,075
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,82	J90 + J90	3,0	0,014	0,051	0,065
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 24 – Isométrico do banheiro 1 Ap. 202



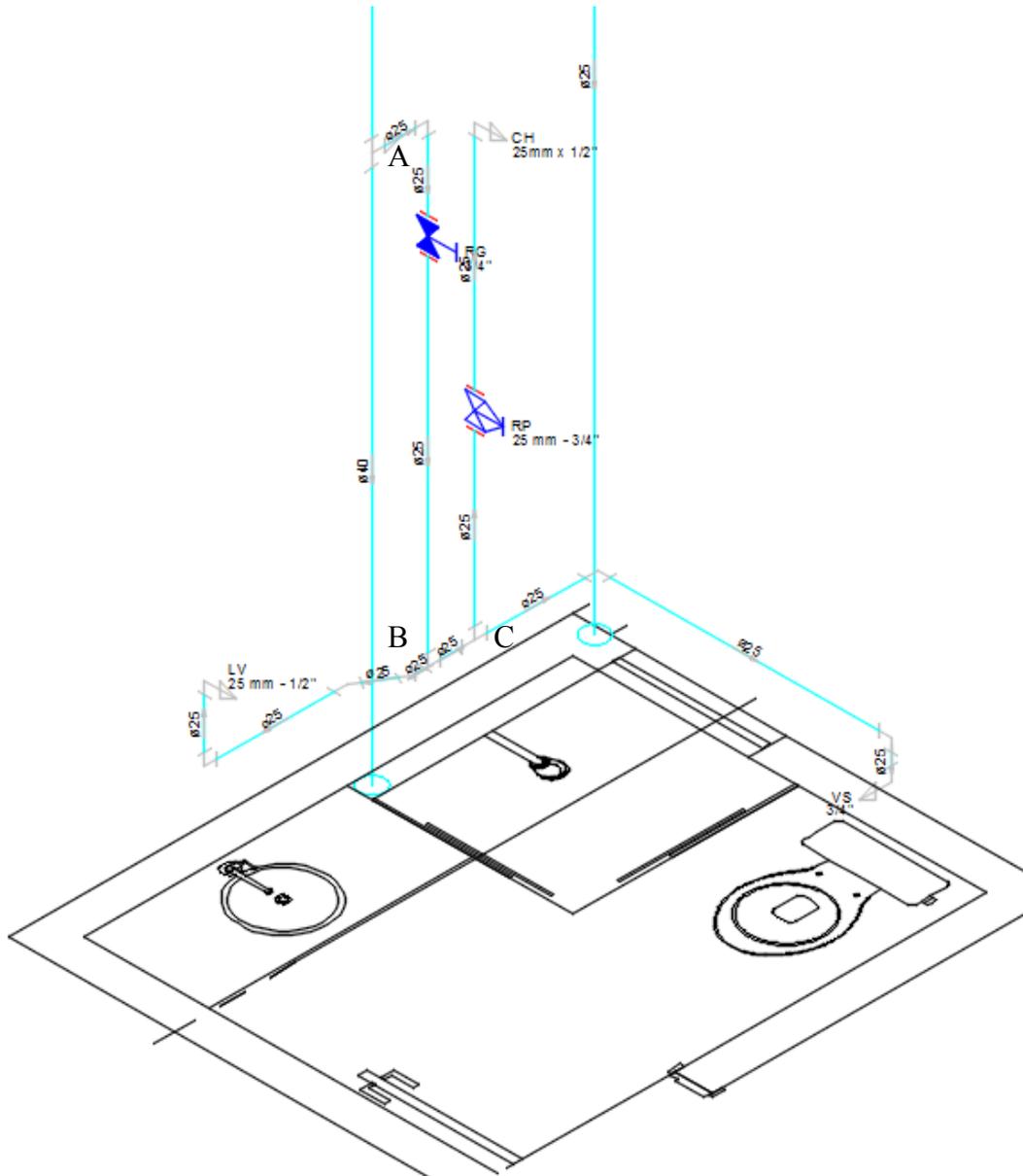
Fonte: Autor (2019).

Tabela 30 – Memorial de cálculo: banheiro 1 Ap. 202

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,28	J90 + RG + T lat	4,6	0,081	0,163	0,244
B - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	2,05	J90 + RP + J90	3,1	0,013	0,020	0,033
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	2,54	J90 + J90 + T pass	3,9	0,079	0,121	0,200
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	1,07	J90 + J90	3,0	0,018	0,051	0,069
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 25 – Isométrico do banheiro 2 Ap. 202



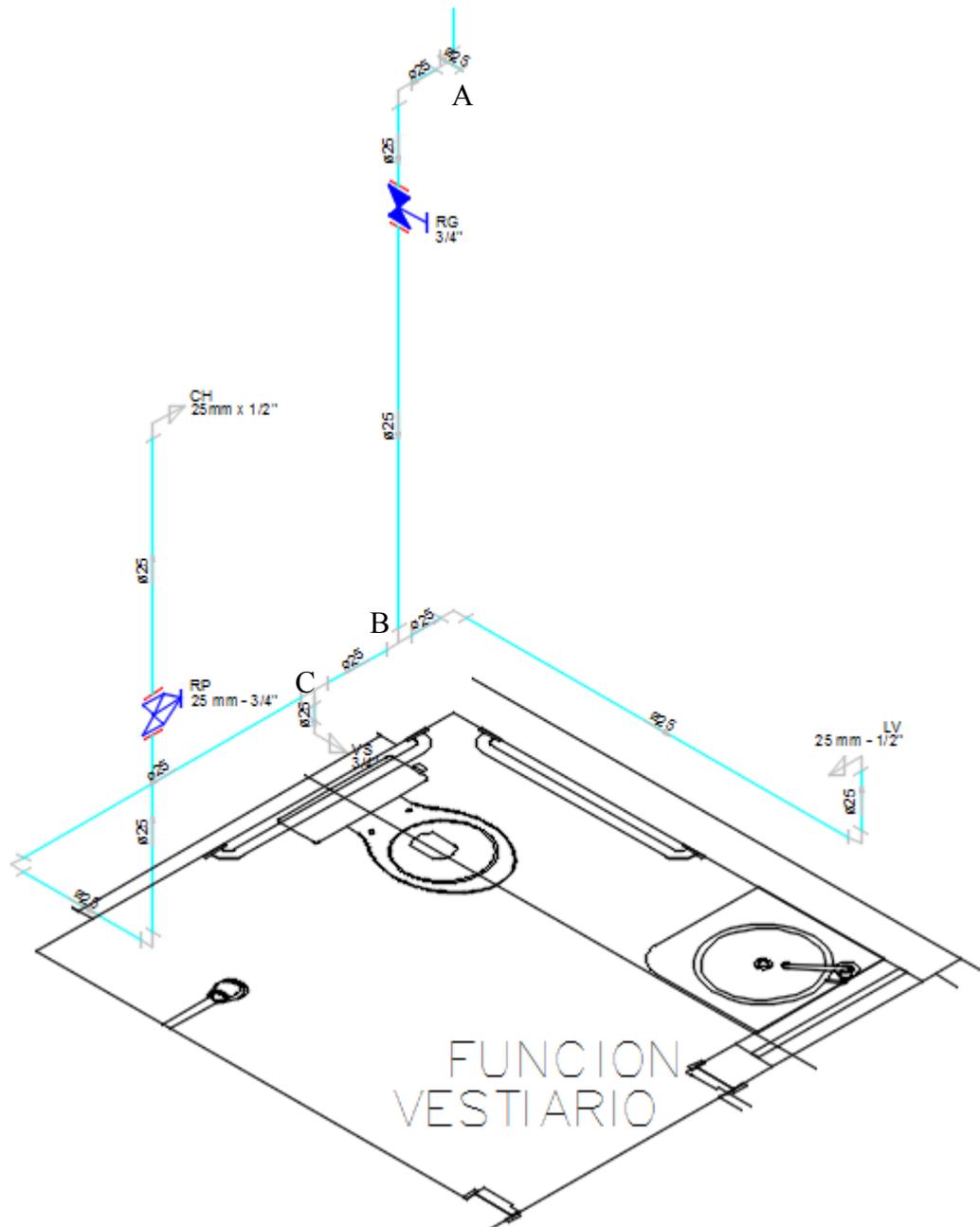
Fonte: Autor (2019).

Tabela 31 – Memorial de cálculo: banheiro 2 Ap. 202

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,23	J90 + RG + T lat	4,6	0,079	0,163	0,242
B - C	0,6	0,232	21,6	0,634	0,031	0,21	T pass	0,9	0,007	0,028	0,034
C - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	1,90	T lat + RP + J90	4,7	0,012	0,031	0,043
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	1,89	J90 + J90 + J90	4,5	0,032	0,076	0,108
B - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	1,27	J45 + J45 + J90 + J90	4,4	0,021	0,074	0,096
Somatório	2,000										

Fonte: Autor (2019).

Figura 26 – Isométrico do vestiário



Fonte: Autor (2019).

Tabela 32 – Memorial de cálculo: vestiário

Trecho	Soma dos Pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)			Perda de Carga Total		
						Tubulação	Singularidades presentes	Equivalent e das Sing.	Tub.	Sing.	Total
A - B	0,7	0,251	21,6	0,685	0,035	2,20	J90 + RG + T lat	4,6	0,078	0,163	0,241
B - LV	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	2,12	J90 + J90 + J90	4,5	0,036	0,076	0,112
B - C	0,4	0,190	21,6	0,518	0,022	0,35	T pass	0,9	0,008	0,020	0,027
C - VS	0,3	0,164	21,6	0,448	0,017	0,15	T lat + J90	4,6	0,003	0,078	0,080
C - CH	0,1	0,095	21,6	0,259	0,006	3,60	J90 + J90 + RP + J90	4,6	0,023	0,030	0,053
Somatório	1,800										

Fonte: Autor (2019).

Adotou-se que as tubulações dos ramais e sub-ramais das cozinhas, áreas de serviços, banheiros e vestiário do funcionário seriam de 25 mm.

O peso relativo da cozinha/área de serviço é de 6,50, do banheiro é de 2,00 e do vestiário é de 1,80. A primeira prumada, identificada como AF-1 distribui a água fria para as cozinhas/áreas de serviços dos apartamentos 101 e 201.

A tabela de dimensionamento de prumada diferencia da tabela de cálculo dos ramais/sub-ramais apenas na hora de calcular os pesos, pois os pesos são acumulativos por andar, mas todo o restante da rotina de cálculos é a mesma, logo:

- A Equação 7 para encontrar a vazão estimada;
- A Tabela 1 para encontrar o diâmetro mínimo a ser adotado para a tubulação;
- A Equação 8 para verificação da velocidade da água no interior da tubulação;
- A Equação 3 para encontrar a perda de carga unitária;
- A medição dos comprimentos das tubulações, identificação das singularidades e a consulta da Tabela 9 para identificação dos comprimentos equivalentes;
- E, por fim, a multiplicação da perda de carga unitária pelos comprimentos das tubulações e singularidades para identificação da perda de carga em cada trecho da tubulação.

As Tabelas 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 apresentam o memorial de cálculo das sete prumadas de água fria da edificação, que foram identificadas com o prefixo AF e o número da prumada. As prumadas AF-1 e AF-2 alimentam as cozinhas/áreas de serviço, as prumadas AF-3, AF-4, AF-5 e AF-7 alimentam os banheiros e o vestiário dos funcionários no térreo é alimentada pela AF-6. Nas prumadas dos banheiros o diâmetro do trecho que sai do barrilete e alimenta o primeiro andar foi elevado de 25 mm para 40 mm, pois a princípio a perda de carga unitária foi maior que 0,08 m/m e Netto (2015) recomenda que a perda de carga no início da coluna não seja superior a esse valor.

Tabela 33 – Memorial de cálculo: AF-1: cozinha e área de serviços dos Ap. 101 e 201

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tub.	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tub.	Sing.	Total
Barr - B	6,5	13,0	1,082	35,2	1,112	0,045	1,20	T lat	7,3	8,50	0,054	0,328	0,382
B - A	6,5	6,5	0,765	35,2	0,786	0,025	3,00	T pass + J90	5,4	8,40	0,074	0,132	0,206
Somatório	19,500												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 34 – Memorial de cálculo: AF-2: cozinha e área de serviços dos Ap. 102 e 202

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	6,5	13,0	1,082	35,2	1,112	0,045	1,20	T lat	7,3	8,50	0,054	0,328	0,382
B - A	6,5	6,5	0,765	35,2	0,786	0,025	3,00	T pass + J90	5,4	8,40	0,074	0,132	0,206
Somatório	19,500												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 35 – Memorial de cálculo: AF-3: banheiro 1 dos Ap. 101 e 201

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	2,0	4,0	0,600	35,2	0,617	0,016	1,20	T lat 32	4,6	5,80	0,019	0,074	0,093
B - A	2,0	2,0	0,424	21,6	1,158	0,089	3,00	T pass 32 + J90 25	3,0	6,00	0,267	0,267	0,533
Somatório	6,000												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 36 – Memorial de cálculo: AF-4: banheiro 2 dos Ap. 101 e 201

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	2,0	4,0	0,600	35,2	0,617	0,016	1,20	T lat 32	4,6	5,80	0,019	0,074	0,093
B - A	2,0	2,0	0,424	21,6	1,158	0,089	3,00	T pass 32 + J90 25	3,0	6,00	0,267	0,267	0,533
Somatório	6,000												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 37 – Memorial de cálculo: AF-5: banheiro 1 dos Ap. 102 e 202

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	2,0	4,0	0,600	35,2	0,617	0,016	1,20	T lat 32	4,6	5,80	0,019	0,074	0,093
B - A	2,0	2,0	0,424	21,6	1,158	0,089	3,00	T pass 32 + J90 25	3,0	6,00	0,267	0,267	0,533
Somatório	6,000												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 38 – Memorial de cálculo: AF-6: vestiário

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	1,8	1,8	0,402	21,6	1,098	0,080	4,20	J 90	1,5	5,70	0,337	0,120	0,458
B - A	1,800												

Fonte: Autor (2019).

Tabela 39 – Memorial de cálculo: AF-7: banheiro 2 dos Ap. 102 e 202

Trecho	Equipamentos		Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
	Unitário	Acumulado					Tubulação	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tubulação	Sing.	Total
Barr - B	2,0	4,0	0,600	35,2	0,617	0,016	1,20	T lat 32	4,6	5,80	0,019	0,074	0,093
B - A	2,0	2,0	0,424	21,6	1,158	0,089	3,00	T pass 32 + J90 25	3,0	6,00	0,267	0,267	0,533
Somatório	6,000												

Fonte: Autor (2019).

Com os pesos acumulados de cada prumada dimensiona-se o barrilete com o mesmo roteiro de dimensionamento utilizado para as prumadas, ramais e sub-ramais, logo obteve-se a Tabela 40 e conforme Netto (2015) recomenda, a perda de carga unitária nas tubulações do barrilete não foram superiores a 0,08 m/m e a velocidade da água no interior do tubo não foi superior a 3 m/s.

Tabela 40 – Memorial de cálculo: barrilete de água fria

Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Vel. (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento (m)				Perda de Carga Total		
						Tub.	Singularidades presentes	Equivalente das Sing.	Total	Tub.	Sing.	Total
Reserv - A	64,8	2,415	53,4	1,078	0,025	5,16	RG + J90 + T pass	5,7	10,86	0,131	0,144	0,275
A - B	13,8	1,114	53,4	0,498	0,007	8,94	T lat + J90 + T pass	13,3	22,24	0,058	0,087	0,145
B - AF5	6,0	0,735	53,4	0,328	0,003	1,55	T pass	11,0	12,55	0,005	0,035	0,040
B - C	7,8	0,838	53,4	0,374	0,004	1,44	T pass	2,3	3,74	0,006	0,009	0,015
C - AF6	1,8	0,402	53,4	0,180	0,001	1,90	T lat + J90	11,0	12,90	0,002	0,012	0,014
C - AF7	6,0	0,735	53,4	0,328	0,003	0,90	J90	3,4	4,30	0,003	0,011	0,014
A - D	51,0	2,142	53,4	0,957	0,021	0,59	T pass	2,3	2,89	0,012	0,047	0,059
D - E	12,0	1,039	53,4	0,464	0,006	4,28	T lat + T pass	9,9	14,18	0,025	0,057	0,082
E - AF3	6,0	0,735	53,4	0,328	0,003	1,90	J90	3,4	5,30	0,006	0,011	0,017
E - AF4	6,0	0,735	53,4	0,328	0,003	6,28	T lat + J90 + J90	7,6	13,88	0,020	0,024	0,044
D - F	39,0	1,873	53,4	0,837	0,016	4,35	T lat	7,6	11,95	0,071	0,123	0,194
F - AF1	19,5	1,325	53,4	0,592	0,009	4,65	J90	3,4	8,05	0,041	0,030	0,071
F - AF2	19,5	1,325	53,4	0,592	0,009	3,94	J90	3,4	7,34	0,035	0,030	0,065

Fonte: Autor (2019).

Adotou-se o diâmetro da tubulação do barrilete igual a 60 mm. Com as perdas de carga de cada trecho do sistema verifica-se a pressão disponível no ponto de utilização, observando se há pressão de 5 kPa (0,5 m.c.a.) e se nos pontos de utilização a pressão disponível é de pelo menos 10 kPa (1,0 m.c.a), visto que nos banheiros optou-se pela utilização de vaso sanitário com caixa de descarga em vez de válvula de descarga.

O primeiro ponto da rede é logo após o reservatório e a pressão disponível será igual à altura do fundo do reservatório em relação ao barrilete, que para esse projeto foi estipulado em 2,50 metros de altura, conforme projeto arquitetônico. Logo tem-se que a pressão disponível no primeiro ponto da rede será de 2,50 m.c.a (25 kPa) e com a perda de carga total do trecho é possível calcular a pressão disponível no próximo ponto. Com as diferenças de cota e as perdas

de carga de cada trecho é possível calcular a pressão residual de todos os pontos da rede, obtendo assim as Tabelas 41 a 62.

$$\text{Pressão disponível}_{Reserv.} = \text{Pressão disponível}_A + \text{Desnível}_{Reserv-A} - \text{Perda de carga}_{Reserv-A}$$

Tabela 41 – Pressões disponíveis: barrilete

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Reserv - A	2,5	2,500	0,262	2,238	22,378
A - B	0,0	2,238	0,145	2,092	20,923
B - AF5	0,0	2,092	0,040	2,053	20,527
B - C	0,0	2,092	0,015	2,078	20,775
C - AF6	0,0	2,078	0,014	2,063	20,633
C - AF7	0,0	2,078	0,014	2,064	20,639
A - D	0,0	2,238	0,059	2,178	21,785
D - E	0,0	2,178	0,082	2,096	20,964
E - AF3	0,0	2,096	0,017	2,080	20,797
E - AF4	0,0	2,080	0,044	2,036	20,359
D - F	0,0	2,178	0,194	1,985	19,845
F - AF1	0,0	1,985	0,071	1,913	19,133
F - AF2	0,0	1,985	0,065	1,920	19,196

Fonte: Autor (2019).

Tabela 42 – Pressões disponíveis: coluna AF-1

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,113	0,382	2,731	27,313
B - A	3,0	5,731	0,206	5,525	55,255

Fonte: Autor (2019).

Tabela 43 – Pressões disponíveis: coluna AF-2

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,120	0,382	2,738	27,376
B - A	3,0	5,738	0,206	5,532	55,318

Fonte: Autor (2019).

Tabela 44 – Pressões disponíveis: coluna AF-3

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,280	0,093	3,187	31,868
B - A	3,0	6,187	0,533	5,654	56,536

Fonte: Autor (2019).

Tabela 45 – Pressões disponíveis: coluna AF-4

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,236	0,093	3,143	31,430
B - A	3,0	6,143	0,533	5,610	56,098

Fonte: Autor (2019).

Tabela 46 – Pressões disponíveis: coluna AF-5

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,253	0,093	3,160	31,598
B - A	3,0	6,160	0,533	5,627	56,266

Fonte: Autor (2019).

Tabela 47 – Pressões disponíveis: coluna AF-6

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	4,2	6,263	0,458	5,806	58,056

Fonte: Autor (2019).

Tabela 48 – Pressões disponíveis: coluna AF-7

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
Barr - B	1,2	3,264	0,093	3,171	31,710
B - A	3,0	6,171	0,533	5,638	56,378

Fonte: Autor (2019).

Tabela 49 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 201

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	1,26	3,991	0,408	3,583	35,831
B - TQ	0,00	3,583	0,110	3,473	34,732
B - C	0,74	4,323	0,341	3,982	39,819
C - MLR	-0,53	3,452	0,248	3,204	32,036
C - PIA	-0,42	3,562	0,211	3,351	33,509

Fonte: Autor (2019).

Tabela 50 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 101

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	1,26	6,785	0,408	6,377	63,773
B - TQ	0,00	6,377	0,110	6,267	62,674
B - C	0,74	7,117	0,341	6,776	67,761
C - MLR	-0,53	6,246	0,248	5,998	59,978
C - PIA	-0,42	6,356	0,211	6,145	61,450

Fonte: Autor (2019).

Tabela 51 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 202

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	1,26	3,991	0,408	3,583	35,831
B - TQ	0,00	3,583	0,110	3,473	34,732
B - C	0,74	4,323	0,341	3,982	39,819
C - MLR	-0,53	3,452	0,248	3,204	32,036
C - PIA	-0,42	3,562	0,211	3,351	33,509

Fonte: Autor (2019).

Tabela 52 – Pressões disponíveis: cozinha e área de serviços 102

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	1,26	6,785	0,408	6,377	63,773
B - TQ	0,00	6,377	0,110	6,267	62,674
B - C	0,74	7,117	0,341	6,776	67,761
C - MLR	-0,53	6,246	0,248	5,998	59,978
C - PIA	-0,42	6,356	0,211	6,145	61,450

Fonte: Autor (2019).

Tabela 53 – Pressões disponíveis: banheiro 1 201

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	5,187	0,241	4,946	49,456
B - CH	-1,89	3,056	0,033	3,023	30,226
B - C	0,00	4,946	0,075	4,871	48,706
C - VS	0,15	5,021	0,080	4,940	49,404
C - LV	-0,32	4,551	0,065	4,486	44,861

Fonte: Autor (2019).

Tabela 54 – Pressões disponíveis: banheiro 1 101

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	7,654	0,241	7,412	74,124
B - CH	-1,89	5,522	0,033	5,489	54,894
B - C	0,00	7,412	0,075	7,337	73,374
C - VS	0,15	7,487	0,080	7,407	74,072
C - LV	-0,32	7,017	0,065	6,953	69,529

Fonte: Autor (2019).

Tabela 55 – Pressões disponíveis: banheiro 2 201

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	5,143	0,243	4,900	49,000
B - CH	-1,89	3,010	0,033	2,977	29,770
B - C	0,00	4,900	0,075	4,825	48,250
C - VS	0,15	4,975	0,080	4,895	48,948
C - LV	-0,32	4,505	0,065	4,441	44,405

Fonte: Autor (2019).

Tabela 56 – Pressões disponíveis: banheiro 2 101

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	7,610	0,241	7,369	73,686
B - CH	-1,89	5,479	0,033	5,446	54,456
B - C	0,00	7,369	0,075	7,294	72,936
C - VS	0,15	7,444	0,080	7,363	73,634
C - LV	-0,32	6,974	0,065	6,909	69,091

Fonte: Autor (2019).

Tabela 57– Pressões disponíveis: banheiro 1 202

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	5,160	0,244	4,916	49,158
B - CH	-1,89	3,026	0,033	2,992	29,923
B - C	0,00	4,916	0,200	4,716	47,163
C - VS	0,15	4,866	0,080	4,786	47,860
C - LV	-0,32	4,396	0,069	4,327	43,275

Fonte: Autor (2019).

Tabela 58 – Pressões disponíveis: banheiro 1 102

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	7,627	0,244	7,383	73,826
B - CH	-1,89	5,493	0,033	5,459	54,591
B - C	0,00	7,383	0,200	7,183	71,831
C - VS	0,15	7,333	0,080	7,253	72,528
C - LV	-0,32	6,863	0,069	6,794	67,943

Fonte: Autor (2019).

Tabela 59 – Pressões disponíveis: vestiário dos funcionários

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	7,806	0,241	7,564	75,645
B - LV	-0,32	7,244	0,112	7,133	71,326
B - C	0,00	7,564	0,027	7,537	75,373
C - VS	0,15	7,687	0,080	7,607	76,070
C - CH	-1,89	5,647	0,053	5,594	55,941

Fonte: Autor (2019).

Tabela 60 – Pressões disponíveis: banheiro 2 202

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	5,171	0,242	4,929	49,288
B - C	0,00	4,929	0,034	4,894	48,944
C - CH	-1,89	3,039	0,043	2,996	29,959
C - VS	0,15	3,146	0,108	3,038	30,380
B - LV	-0,32	2,676	0,096	2,580	25,801

Fonte: Autor (2019).

Tabela 61 – Pressões disponíveis: banheiro 2 102

Trecho	Diferença de cota	Pressão disponível (m.c.a.)	Perda de Carga Total	Pressão residual (m.c.a.)	Pressão residual (kPa)
A - B	2,00	7,638	0,241	7,397	73,967
B - C	0,00	7,397	0,036	7,360	73,602
C - VS	0,15	7,547	0,080	7,466	74,664
C - LV	-0,32	7,146	0,115	7,032	70,317
B - CH	-1,89	5,576	0,075	5,502	55,018

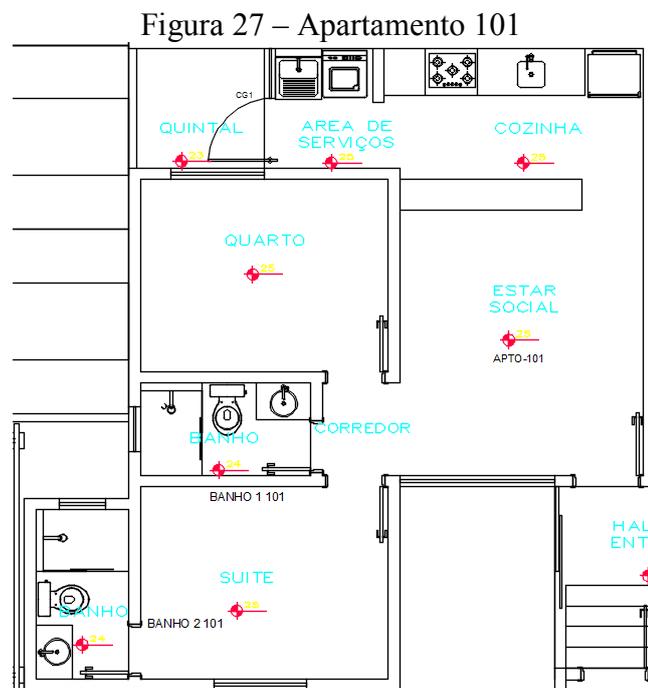
Fonte: Autor (2019).

Com isso observa-se que em nenhum ponto da rede a pressão foi menor que 5 kPa e em todos os pontos onde há aparelhos de utilização a pressão foi superior a 10 kPa. Por fim, concluiu-se:

- Diâmetro das tubulações do barrilete: 60 mm;
- Diâmetro das tubulações da AF-1 e AF-2: 40 mm;
- Diâmetro das tubulações da AF-3, AF-4, AF-5 e AF-7: primeiro trecho 40 mm e segundo trecho com 25 mm;
- Diâmetro das tubulações da AF-6: 25 mm;
- Diâmetro dos ramais e sub-ramais: 25mm.

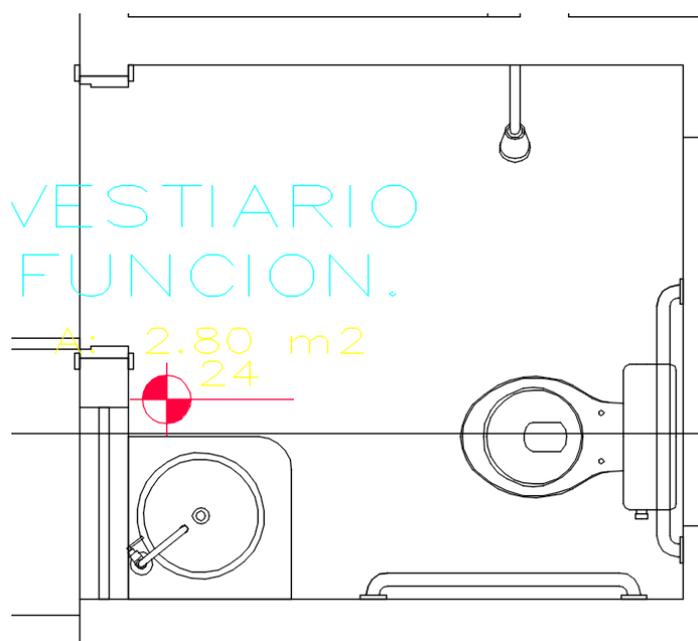
5.2 INSTALAÇÕES DE ESGOTO SANITÁRIO

Nesta etapa do trabalho foi dimensionando o sistema de esgoto sanitário para a edificação residencial multifamiliar, mostradas nas Figuras 10 e 11. O método utilizado para o dimensionamento foi o das Unidades de *Hunter* de Contribuição. Os apartamentos possuem a mesma configuração, com sala, cozinha, área de serviços, quarto, banheiro e suíte, presente na Figura 27. O vestiário dos funcionários (Figura 28) pertence a área comum da edificação.



Fonte: Autor (2019).

Figura 28 – Vestiário dos funcionários



Fonte: Autor (2019).

Relacionou-se os aparelhos sanitários da cozinha, área de serviços, banheiro 1, banheiro 2 e vestiário, identificado o número de unidades de *Hunter* de contribuição, por meio da Tabela 11, definindo o diâmetro mínimo de cada ramal de descarga. Os resultados estão apresentados na Tabela 62.

Tabela 62 – Diâmetros adotados para os ramais de descargas

Ambiente	Aparelhos Sanitários	UHC	Diâmetro do ramal de descarga adotado (mm)
Cozinha	Pia de cozinha residencial	3	50
Área de serviços	Máquina de lavar roupa	3	50
	Tanque	3	40
Banheiro 1	Lavatório residencial	1	40
	Bacia sanitária	6	100
	Chuveiro residencial	2	40
Banheiro 2	Lavatório residencial	1	40
	Bacia sanitária	6	100
	Chuveiro residencial	2	40
Vestiário	Lavatório de uso geral	2	40
	Bacia sanitária	6	100
	Chuveiro coletivo	4	40

Fonte: Autor (2019).

A cozinha e a área de serviços apesar de dividirem o mesmo ambiente, não podem compartilhar o mesmo tubo de queda, pois na pia da cozinha há a presença de gorduras, logo para a cozinha o único contribuinte será a pia e para a área de serviços serão a máquina de lavar roupas e o tanque.

As tubulações da cozinha e da área de serviços do primeiro andar irão ser direcionadas para os seus respectivos tubos de queda, identificados como TG e TQ, que encaminharão seus efluentes para as caixas de gordura e inspeção sifonada, respectivamente. Já as do térreo serão encaminhadas diretamente nas caixas de gordura e inspeção sifonada. Utiliza-se uma caixa de inspeção especial no final das tubulações de tanques e máquinas de lavar louça pois seus efluentes são ricos em detergentes o que ocasiona a formação de espuma no interior das canalizações, logo é necessário um dispositivo para conter a espuma, uma caixa de inspeção sifonada.

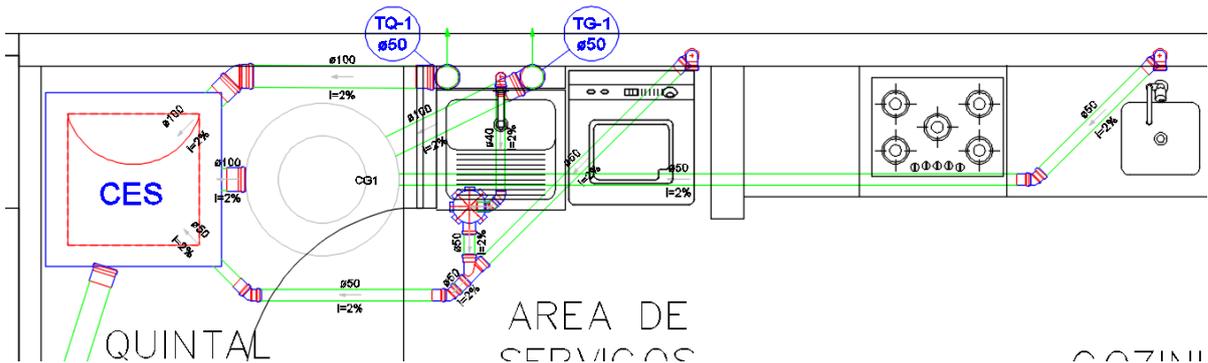
Os ramais de descarga do tanque e máquina de lavar finalizam-se no tubo de queda, no entanto foi implementado uma caixa sifonada com grelha, com a função de não permitir a saída de gases para o ambiente e receber as águas de lavagem de piso. O tanque possui sifão então pode-se encaminhar os seus efluentes para a caixa sifonada com grelha. A canalização da máquina de lavar roupa será conectada após a caixa sifonada, pois assim não há liberação de gases para o ambiente. O dimensionamento dos desconectores é realizado consultando a Tabela 12. Como o único efluente que a caixa sifonada recebe é o do tanque, que possui 3 UHC, logo a caixa sifonada de 100 mm é suficiente. O ramal de esgoto que sai da caixa sifonada deve suportar os efluentes do tanque e da máquina de lavar roupa, logo 6 UHC, logo com a Tabela 14 dimensionou que o diâmetro da tubulação será de 50 mm.

Para o dimensionamento do tubo de queda consulta-se a Tabela 15 na coluna para prédios de até três pavimentos. Para a cozinha tem-se a contribuição de 3 UHC da pia, o qual adota-se um tubo de 40 mm, conforme consulta da Tabela 15, no entanto o ramal de descarga da pia é de 50 mm. Baptista (2010) recomenda que o tubo de queda deve ter diâmetro igual ou superior a tubulação a ele ligada, assim o tubo de queda da cozinha (TG-1 e TG-2) terá diâmetro de 50 mm. O tubo de queda da área de serviços (TQ-1 e TQ-2) receberá os efluentes da máquina de lavar roupa e tanque apenas do primeiro pavimento, logo 6 UHC, consultado a Tabela 15, adota-se o diâmetro da tubulação igual a 50 mm.

A caixa de inspeção tem um tamanho padrão, de formato prismático de 60 centímetros de lado interno e com no máximo 1 metro de profundidade. Já a caixa de gordura varia com a quantidade de efluentes de cozinhas que a mesma deva receber. Para esse projeto foram necessárias duas caixas de gordura, cada uma recebendo os efluentes de uma cozinha do térreo e uma do primeiro andar. Conforme a norma ABNT NBR 8160:1999 descreve, será necessária uma caixa de gordura simples de capacidade de reter 31 Litros de gordura.

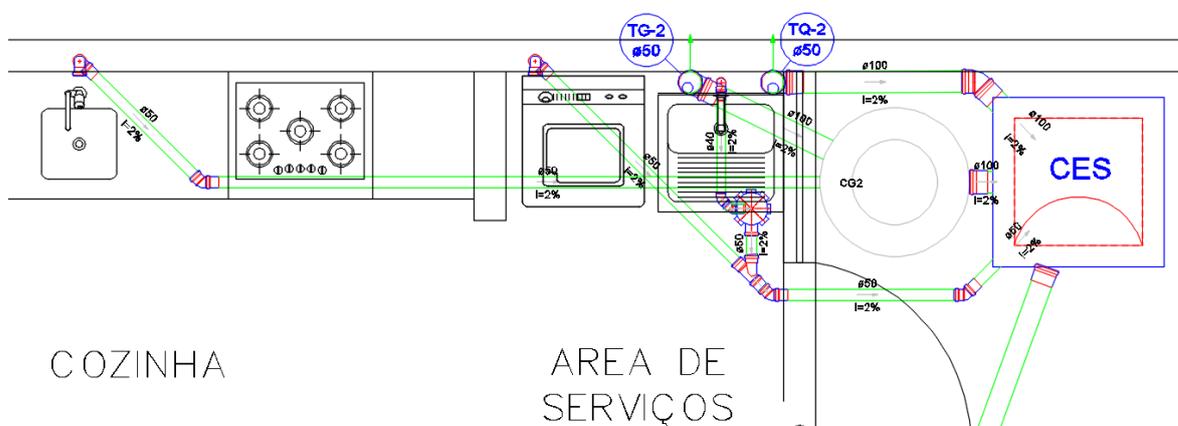
Os resultados do dimensionamento das tubulações da cozinha e área de serviços estão presentes nas Figuras 29, 30, 31 e 32, onde são respectivamente a cozinha/área de serviços dos apartamentos 101, 102, 201 e 202. Todos os desenhos estão presentes no Anexo A em escala.

Figura 29 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 101



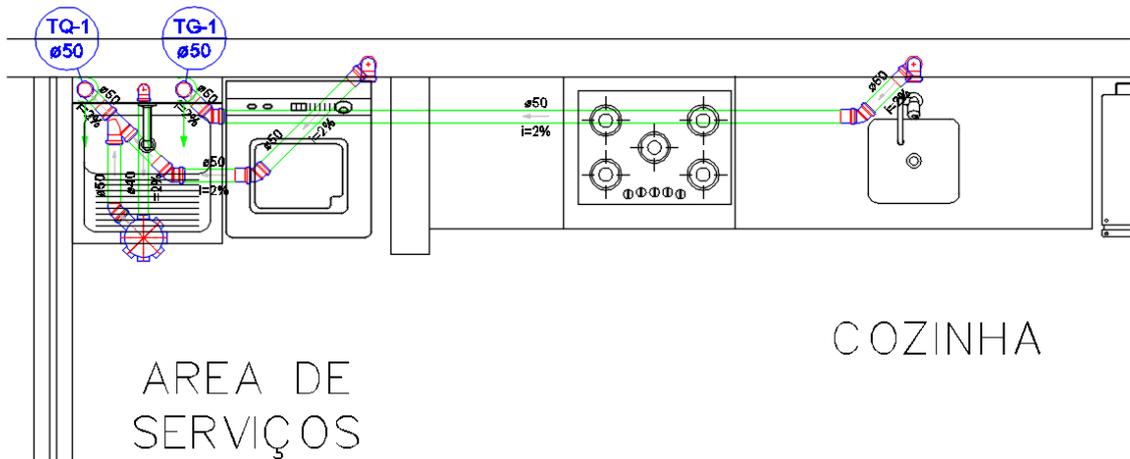
Fonte: Autor (2019).

Figura 30 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 102



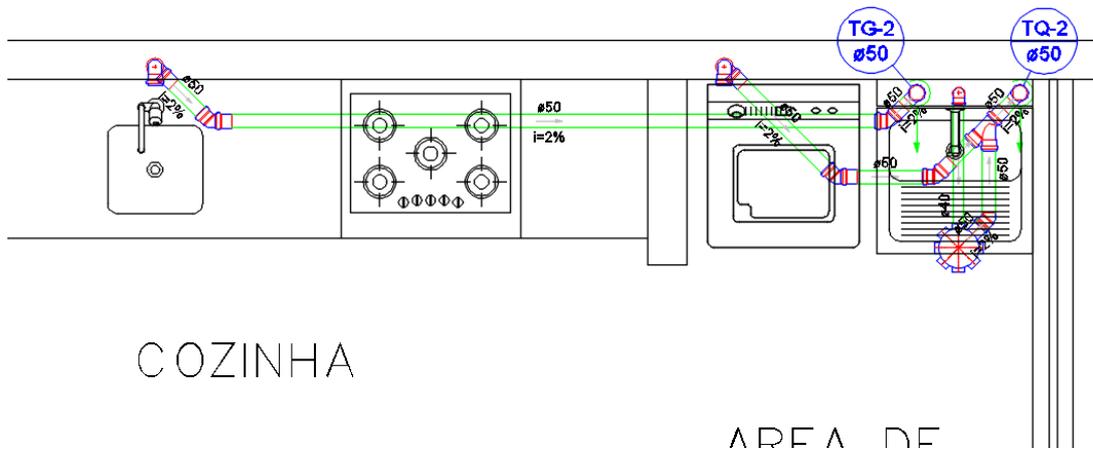
Fonte: Autor (2019).

Figura 31 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 201



Fonte: Autor (2019).

Figura 32 – Tubulações de esgoto sanitário da cozinha/área de serviços Ap. 202



Fonte: Autor (2019).

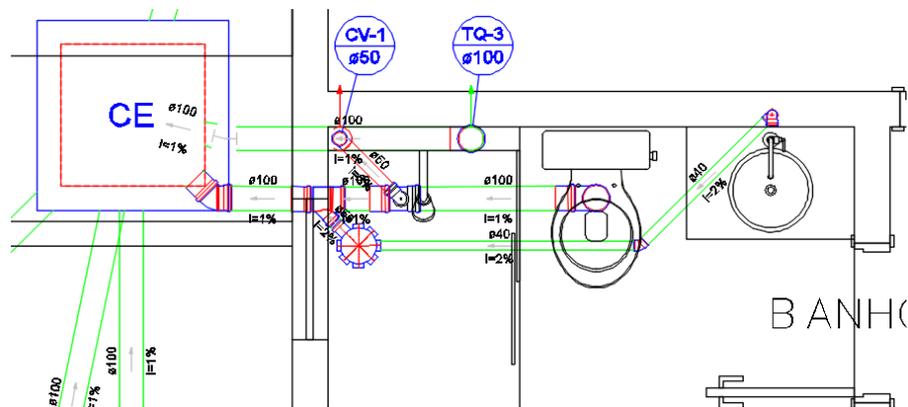
Cada apartamento possui 2 banheiros, identificados como banheiro 1 e banheiro 2, onde ambos possuem os mesmos aparelhos sanitários, assim como o vestiário dos funcionários, logo foi realizado o dimensionando para um banheiro.

Os ramais de descarga do banheiro já foram dimensionados e os resultados estão presentes na Tabela 62. Os efluentes do lavatório são conduzidos para a caixa sifonada com grelha que também recebe os efluentes do chuveiro, logo será necessária uma caixa sifonada que suporte 3 UHC, para o banheiro do apartamento, ou 6 UHC, considerando o vestiário. Consultando a Tabela 12 dimensiona-se uma caixa sifonada de 100 mm pois atende tanto o banheiro, quanto o vestiário. O ramal de esgoto que sai da caixa sifonada foi dimensionado pela Tabela 14. Adotou-se o diâmetro do ramal de esgoto igual a 50 mm.

Os efluentes dos banheiros do primeiro andar serão direcionados para o tubo de queda, já os do térreo para a caixa de inspeção. Pela Tabela 62, a soma das UHC dos aparelhos sanitários do banheiro resulta em 9 UHC, já para o vestiário esse valor será de 12 UHC. A Tabela 15 dimensiona os tubos de queda dos banheiros (TQ-3, TQ-4, TQ-5 e TQ-6). Baptista (2010) recomenda que o diâmetro do tubo de queda de banheiros deva ser igual a 100 mm, logo o diâmetro adotado do tubo de queda foi de 100 mm. A caixa de inspeção terá formato prismático com lado interna de 60 centímetros e com no máximo 1 metro de profundidade.

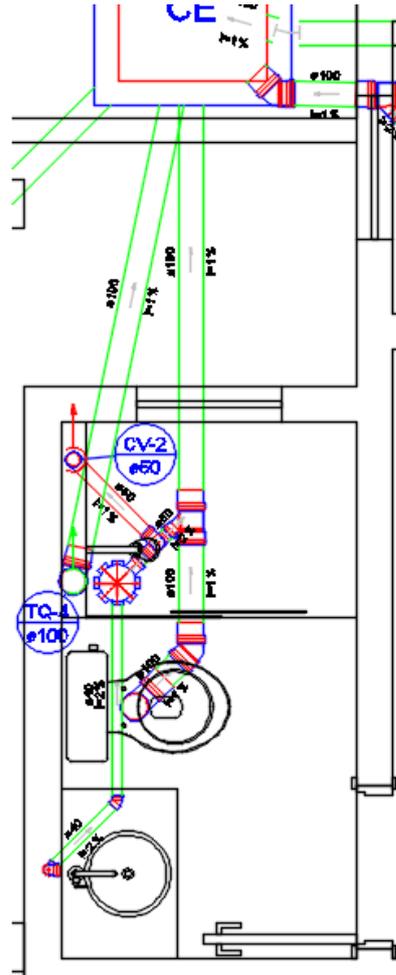
Todas as considerações das tubulações dos banheiros podem ser observadas nas Figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39. Todos os desenhos podem ser encontrados em escala no Anexo A.

Figura 33 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 101



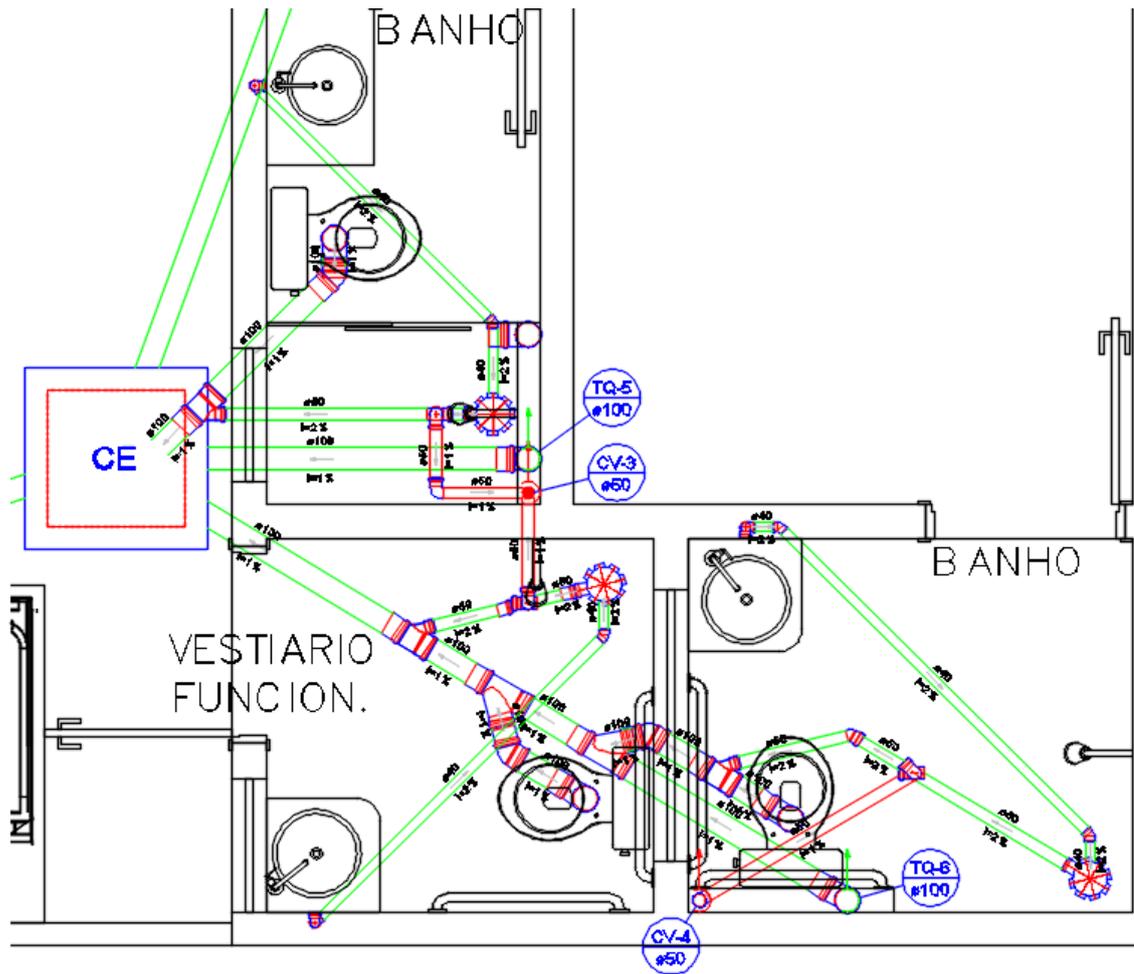
Fonte: Autor (2019).

Figura 34 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 101



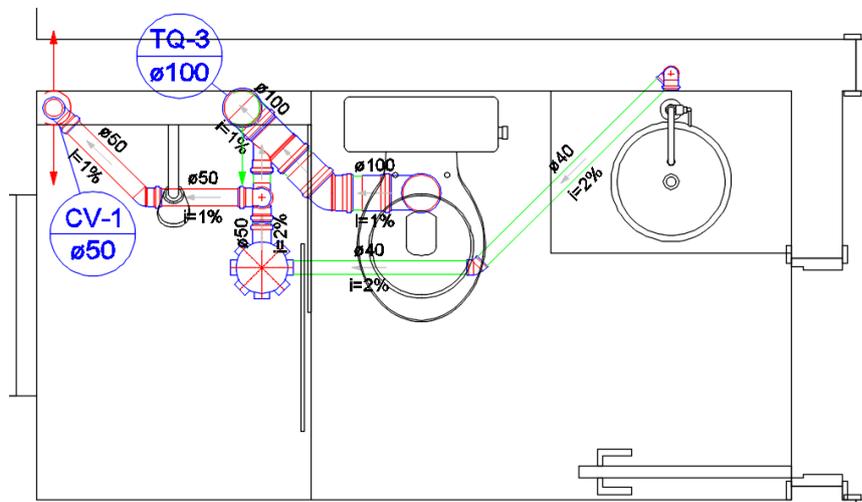
Fonte: Autor (2019).

Figura 35 – Tubulações de esgoto sanitário do vestiário dos funcionários e banheiro 1 e 2 Ap. 102



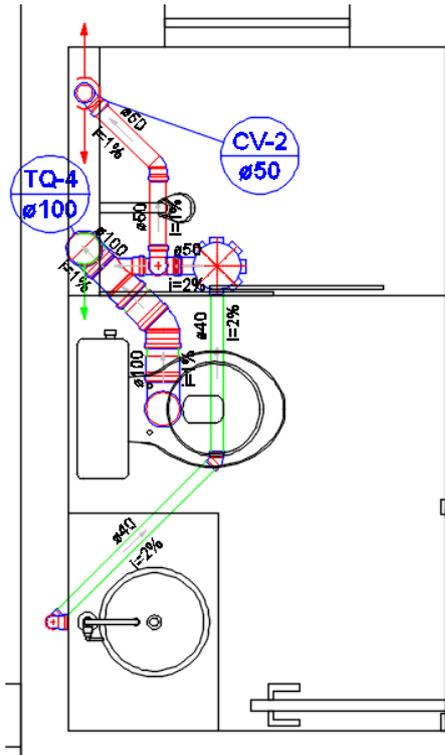
Fonte: Autor (2019).

Figura 36 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 201



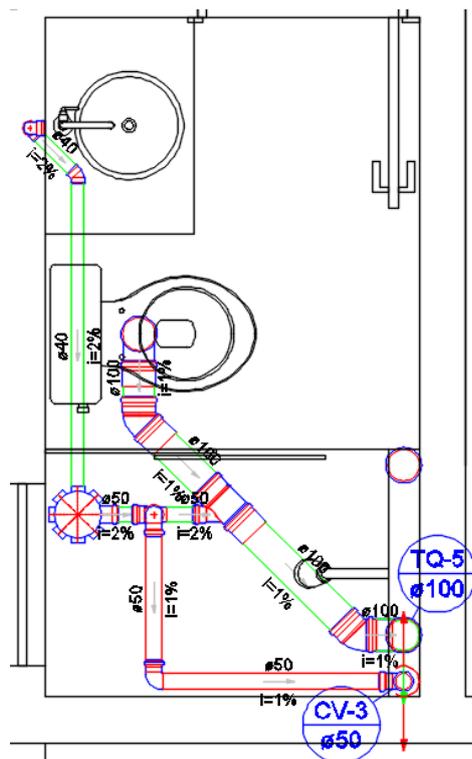
Fonte: Autor (2019).

Figura 37 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 201



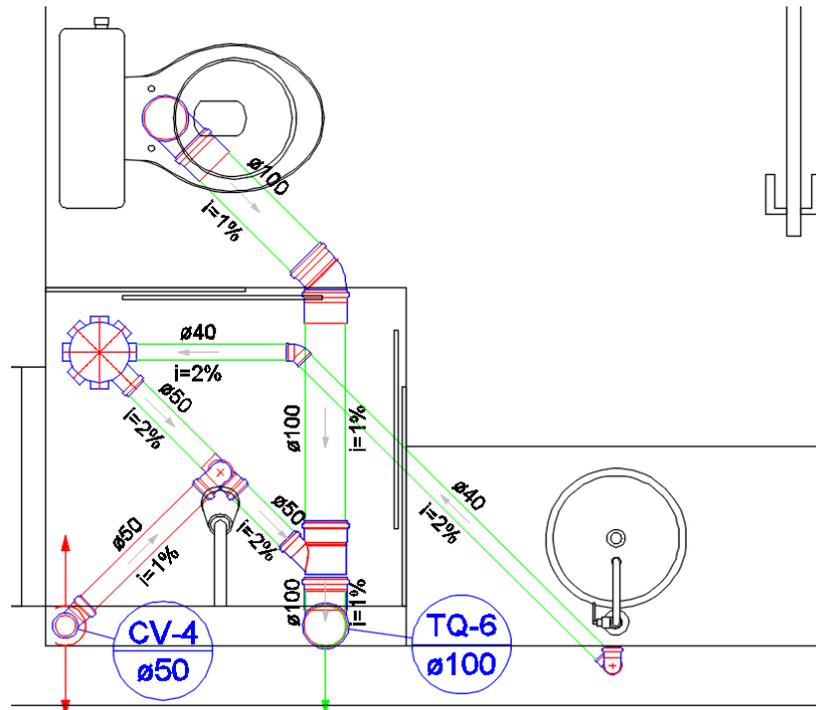
Fonte: Autor (2019).

Figura 38 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 1 Ap. 202



Fonte: Autor (2019).

Figura 39 – Tubulações de esgoto sanitário do banheiro 2 Ap. 202



Fonte: Autor (2019).

Dimensiona-se as tubulações dos subcoletores e coletor predial consultando a Tabela 16. Por orientação da norma ABNT NBR 8160:1999, considerou-se apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro para o somatório, por se tratar de uma edificação residencial, logo adotou-se a tubulação com diâmetro de 100 mm e 1% de inclinação, pois o somatório é inferior 180 UHC.

O dimensionamento do subsistema de ventilação inicia-se dimensionando o ramal de ventilação, orientado pelas distâncias máximas descritas na Tabela 18. Analisa-se a necessidade de ventilação, pois no caso da área de serviço, que possui um desconector, não foi necessário a ventilação do mesmo, visto que o desconector está ligado a um tubo de queda que não recebe efluentes de vaso sanitário, conforme Netto (2015) explica. Para dimensionar o ramal de ventilação do banheiro consulta-se a Tabela 17. A tubulação a ser ventilada tem bacia sanitária e menos de 17 UHC, logo o diâmetro do ramal de ventilação será de 50 mm. Para conectar os ramais de ventilação até a cobertura da edificação são necessárias colunas de ventilação. Observando a Tabela 19 a coluna de ventilação será de 50 mm. Os ramais de ventilação e as colunas de ventilação podem ser observadas nas Figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo sobre as instalações do sistema de água fria e esgoto sanitário de uma edificação residencial. Para estes dois sistemas, foram feitos estudos completos, no qual utilizando as normas que rege cada instalação, foi possível consolidar este estudo.

Após feito o estudo dos dois sistemas e com o projeto arquitetônico da edificação residencial foi possível concluir as dimensões de tubulações e elementos especiais, como reservatório, hidrômetro, caixas de inspeção, caixas sifonadas, etc. Com as informações adquiridas no dimensionamento foi possível desenvolver os projetos de instalações de água fria e esgoto sanitário presente no Anexo A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. ABNT NBR 5626. **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. ABNT NBR 8160. **Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.

_____. ABNT NBR 15704-1. **Registro – Requisitos e métodos de ensaio – Parte 1: Registros de pressão**. Rio de Janeiro, 2011.

BAPTISTA, M. B. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. Ed. UFMG, 2010.

CATÁLOGO TIGRE. **Predial – Catálogo de produtos**. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-obras-e-reformas.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

CEO. **Condomínio em ordem**. Disponível em: <<https://www.condominioemordem.com.br/conheca-seu-sistema-de-instalacoes-hidraulicas-agua-potavel/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

DMAE. **Padrão de medição – Classe I**. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/18423.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

DMAE. **Padrão DMAE**. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=1003>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

GOVERNO DO BRASIL. **Lei obriga medição individual de água em condomínios**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2016/07/lei-obriga-medicao-individual-de-agua-em-condominios>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. Ed. LTC, 1996.

NETTO, J. M. A. **Manual de hidráulica**. 9. Ed. Edgard Blücher Ltda, 2015.

OLIVEIRA, A.L. **Instalações hidráulicas prediais – Água fria** – Aula 01 da disciplina GCI044 (Sistemas Hidráulicos Prediais). 2018.

OLIVEIRA, A.L. **Instalações hidráulicas prediais – Água fria** – Aula 02 da disciplina GCI044 (Sistemas Hidráulicos Prediais). 2018.

SIMPLIFICANDO A ENGENHARIA. – **Instalações hidrossanitárias – ramal externo de abastecimento** – Disponível em:
<<http://simplificandoaengenharia.blogspot.com/2016/11/instalacoes-hidrossanitarias-ramal.html>>. Acesso em: 15 jan. 2019.