

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

Cláudio Hentz

**INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UM PRÉDIO
UNIFAMILIAR**

Porto Alegre
Setembro 2023

CLÁUDIO HENTZ

**INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UM PRÉDIO
UNIFAMILIAR**

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

Orientador: Juan Martín Bravo

Porto Alegre
Setembro 2023

CLÁUDIO HENTZ

**INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DE UM PRÉDIO
UNIFAMILIAR**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 06 de Setembro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Juan Martín Bravo

Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS
Orientador

Prof. Gino Roberto Gehling

Dr. em Ingeniería Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

Profa. Maria Cristina de Almeida Silva

Dra. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pais, Nelson e Loiva,
que me apoiaram em tudo, do início ao fim,
na minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A minha jornada acadêmica na Engenharia Civil, durante todos os anos em que cursei, contou com a participação de muitas pessoas. Quero agradecer à instituição de ensino UFRGS por proporcionar essa oportunidade de formação pública, com conteúdos e ensinamentos necessários para exercer a profissão de engenheiro civil. Agradecer aos professores que se dedicaram a repassar seus conhecimentos com determinação e se preocuparam com o aprendizado dos alunos. Agradecer aos meus colegas que me ajudaram nas disciplinas em que tive dificuldades e pela parceria dentro e fora da universidade. Agradecer meus pais pelo apoio, incentivo e recursos fornecidos durante todo o período do curso, facilitando minha estadia em Porto Alegre. Agradecer minha irmã e minha namorada pelo incentivo na realização do TCC e término do curso. Agradecer o orientador do TCC por se prontificar em me ajudar a realizar o projeto. Um curso tão complexo exige bastante do estudante e sempre é importante ter pessoas ao nosso redor para nos apoiar e incentivar, por isso agradeço a todos que contribuíram com a minha formação.

Deus é tão generoso que te dá liberdade de plantar o que quiser. Mas Ele é tão justo, que você colhe exatamente o que plantou.

Desconhecido

RESUMO

Este trabalho foca num projeto hidrossanitário de uma residência de dois pavimentos situada na cidade de Porto Alegre – RS. Como guias desse projeto, foram utilizadas a NBR 5626 (ABNT, 2020), NBR 8160 (ABNT, 1999), NBR 10844 (ABNT, 1989) e o Decreto 9369/88 – DMAE. Primeiramente foi desenhada a planta baixa com todos os cômodos necessários e distribuídos de uma forma coerente para que possa ser habitado. Foi escolhido pontos de utilização de água fria e água quente e locais para hidrômetro, caixa de água, bomba de fluxo e aquecedor de passagem a gás. Após, foi feito o traçado das tubulações da maneira mais retilínea possível com as colunas dentro de shafts. Foram dimensionados ramal predial, alimentador predial e reservatório superior de água baseados no consumo diário da residência. O meio escolhido para obtenção de água quente foi um aquecedor de passagem a gás, o qual foi dimensionado com base na vazão dos pontos de utilização que utilizam água quente. Após, os tubos, desde a caixa de água até os pontos de utilização, foram divididos em trechos (um novo trecho inicia sempre que há mudança de diâmetro ou vazão). Os pontos de utilização possuem pesos específicos pelos quais foram obtidas vazões e dependendo da vazão, diâmetro e comprimento do tubo e singularidades, têm-se perdas de cargas maiores ou menores que afetam a pressão disponível residual, assim como a diferença de cota entre os trechos. Caso as pressões fiquem baixas, alteram-se diâmetros ou traçado, ou ainda pode-se utilizar a bomba de fluxo (opcional). O esgoto sanitário foi traçado de maneira retilínea, evitando ângulos em 90° e garantindo fecho hídrico. A ventilação teve seu traçado o mais curto possível. Tanto tubulações de esgoto como de ventilação foram dimensionadas de acordo com o método das UHC que determina contribuições para cada aparelho sanitário e, a partir delas, pode se obter os diâmetros dos tubos, bem como inclinações. Para a instalação pluvial, foram definidas áreas de contribuição no telhado, paredes e terreno para poder calcular as vazões de projeto. Com as vazões de projeto e calculando-se as capacidades de calhas e condutores verticais e horizontais, pode-se obter as dimensões dos mesmos respeitando as inclinações mínimas. O projeto foi realizado de forma técnica, utilizando a lógica e a física e trouxe soluções de materiais disponíveis no mercado.

Palavras-chave: Projeto Hidrossanitário. Diâmetro. Técnica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lote e residência do projeto.....	19
Figura 2 – Planta de localização (medidas em metros).....	19
Figura 3 – Planta tipo do primeiro pavimento (medidas em metros).....	20
Figura 4 – Planta tipo do segundo pavimento (medidas em metros).....	21
Figura 5 – Corte do eixo leste-oeste com alturas e níveis adotados (medidas em metros) ..	22
Figura 6 – Tubos de PVC soldáveis para água fria	23
Figura 7 – Tubos de PVC para água quente	24
Figura 8 – Gráfico de funcionamento da bomba (vazão x pressão)	25
Figura 9 – Localização da bomba de fluxo.....	26
Figura 10 – Dimensões da caixa de água.....	27
Figura 11 – Dimensões da torneira boia	28
Figura 12 – Buchas de redução IPAF	28
Figura 13 – Buchas de redução IPAQ.....	28
Figura 14 – Joelhos IPAF	29
Figura 15 – Tês de redução IPAF	29
Figura 16 – Tês IPAF.....	29
Figura 17 – Joelhos IPAQ.....	29
Figura 18 – Tês de redução IPAQ.....	29
Figura 19 – Tês IPAQ	29
Figura 20 – Registros esfera externo	30
Figura 21 – Registros esfera interno.....	30
Figura 22 – Misturador G3/4" (Cod. 00394100).....	30
Figura 23 – Misturador G1/2" x G1/2" (Cod. 00394200).....	30
Figura 24 – Comprimentos equivalentes das conexões, válvulas e registros.....	31
Figura 25 – Traçado do ramal predial e do alimentador predial (medidas em metros)	34
Figura 26 – Traçado do ramal predial e do alimentador predial (cotas em metros)	35
Figura 27 – Configuração da reservação superior (planta)	37
Figura 28 – Configuração da reservação superior (corte).	38
Figura 29 – Traçado do extravasor/limpeza (medidas em metros).....	39
Figura 30 – Ligação do extravasor/limpeza na caixa de areia.....	39
Figura 31 – Ficha técnica do aquecedor modelo KO 33D/DI PRIME	42
Figura 32 – Localização do aquecedor de passagem e ventilação permanente.....	43
Figura 33 – Localização do trecho AB (medidas em metros)	47
Figura 34 – Trechos e cotas do barrilete (cotas em metros)	48

Figura 35 – Trechos e cotas do Banheiro 2 (cotas em metros)	49
Figura 36 – Trechos e cotas do Banheiro 1 (cotas em metros)	50
Figura 37 – Trechos e cotas da cozinha e lavanderia (cotas em metros).....	51
Figura 38 – Tubos de PVC para esgoto e ventilação	54
Figura 39 – Bucha de redução IPES.....	54
Figura 40 – Joelho 45° IPES	54
Figura 41 – Joelho 90° IPES	55
Figura 42 – Junções IPES	55
Figura 43 – Luvas IPES.....	55
Figura 44 – Reduções IPES.....	55
Figura 45 – Tês IPES.....	55
Figura 46 – Ralo IPES	56
Figura 47 – Caixa sifonada DN 100	56
Figura 48 – Caixa sifonada DN 150	56
Figura 49 – Caixa de gordura	56
Figura 50 – Caixa de inspeção	57
Figura 51 – Prolongador caixas de inspeção e gordura	57
Figura 52 – Prolongador caixa sifonada.....	57
Figura 53 – Trechos e cotas (em metros) do segundo pavimento.....	59
Figura 54 – Planta com diâmetros e declividades do segundo pavimento	60
Figura 55 – Trechos e cotas (em metros) do banheiro do primeiro pavimento.....	61
Figura 56 – Trechos e cotas (em metros) da cozinha e lavanderia do primeiro pavimento ..	62
Figura 57 – Planta com diâmetros e declividades do primeiro pavimento	63
Figura 58 – Comprimento do coletor predial (medidas em metros).....	65
Figura 59 – Profundidades da caixa de inspeção e ligação com coletor público (medidas em metros)	66
Figura 60 – Ramal de ventilação do banheiro do segundo pavimento	68
Figura 61 – Ramal de ventilação do banheiro do primeiro pavimento	69
Figura 62 – Ramal de ventilação da cozinha no primeiro pavimento.....	69
Figura 63 – Coluna de ventilação dos banheiros	71
Figura 64 – Coluna de ventilação da cozinha e lavanderia	72
Figura 65 – Calha	75
Figura 66 – Condutor vertical.....	75
Figura 67 – Esquadro externo.....	76
Figura 68 – Esquadro interno.....	76
Figura 69 – Bocal circular	76
Figura 70 – Bocal circular direito.....	76

Figura 71 – Joelho circular.....	76
Figura 72 – Joelho de transição.....	76
Figura 73 – Caixa de areia.....	77
Figura 74 – Identificação das áreas de contribuição	79
Figura 75 – Identificação das calhas e condutores verticais (flechas azuis indicam sentido da água no telhado e nas calhas).	82
Figura 76 – Elevações das calhas e distâncias entre curva e saída da calha (em metros) ..	84
Figura 77 – Interpolação das alturas de lâmina no ábaco	86
Figura 78 – Elevações dos condutores verticais	87
Figura 79 – Movimento das águas no terreno (flechas azuis indicam sentido).....	88
Figura 80 – Trechos e elevações dos condutores horizontais	89
Figura 81 – Planta com diâmetros e declividades da IPAP	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ficha técnica bomba de fluxo.....	25
Tabela 2 – Pesos dos equipamentos hidráulicos	41
Tabela 3 – Demonstração de cálculo da tabela de dimensionamento da tubulação de distribuição	46
Tabela 4 – Conexões para água fria	52
Tabela 5 – Conexões para água quente	52
Tabela 6 – Registros e misturadores para água fria e quente	53
Tabela 7 – Tubos para água fria e quente	53
Tabela 8 – Determinação dos diâmetros e declividades dos tubos no segundo pavimento .	61
Tabela 9 – Determinação dos diâmetros e declividades dos tubos no primeiro pavimento ..	64
Tabela 10 – Conexões para esgoto	73
Tabela 11 – Caixas e ralos para esgoto.....	74
Tabela 12 – Tubos para esgoto	74
Tabela 13 – Áreas de contribuição.....	80
Tabela 14 – Vazões de projeto por área de contribuição	81
Tabela 15 – Vazões de projeto nas calhas	83
Tabela 16 – Vazão calculada pela fórmula de Manning-Strickler	84
Tabela 17 – Altura da lâmina calculada pela fórmula de Manning-Strickler.....	85
Tabela 18 – Obtenção do diâmetro interno dos condutores verticais	86
Tabela 19 – Obtenção do diâmetro interno e declividades dos condutores horizontais.....	90
Tabela 20 – Conexões e caixas para água pluvial	92
Tabela 21 – Tubos e calhas para água pluvial	92

LISTA DE SIGLAS

ABNT NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPVC – Cloreto de Polivinila Clorado

DE – Diâmetro Externo

DI – Diâmetro Interno

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

DN – Diâmetro Nominal

IPAF – Instalação Predial de Água Fria

IPAP – Instalação Predial de Água Pluvial

IPAQ – Instalação Predial de Água Quente

IPES – Instalação Predial de Esgoto Sanitário

PVC – Policloreto de Polivinila

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UHC – Unidades Hunter de Contribuição

LISTA DE SÍMBOLOS

\emptyset – diâmetro nominal (mm)

J – perda de carga linear (m.c.a./m)

Q – vazão (L/s)

D_I – diâmetro interno da tubulação (mm)

C – constante do material (adimensional)

N_p – número de pessoas a serem atendidas (hab)

N_{Ds} – número de dormitórios com área maior que 12 m² por apartamento (adimensional)

N_{De} – número de dormitórios com área menor ou igual a 12 m² por apartamento (adimensional)

C_D – consumo diário (L/dia, m³/s ou m³)

C_{pc} – consumo diário per capita (L/hab.dia)

D_{ramal} – diâmetro interno da tubulação do ramal (mm)

v – velocidade (m/s)

V_{rs} – volume do reservatório superior (m³)

V_{ci} – volume reservado para combate à incêndio (m³)

V_{ac} – volume reservado para ar condicionado (m³)

$\sum P$ – somatório dos pesos dos equipamentos hidráulicos (adimensional)

Δh – diferença de cotas (m)

H_{disp} – pressão disponível (m.c.a.)

l_{real} – comprimento real da tubulação no trecho (m)

l_{eq} – comprimento equivalente no trecho (m)

l_{total} – comprimentos real e equivalente (m)

h_{pl} – perda de carga causada pelo tubo (m.c.a.)

h_{ps} – perda de carga causada pelas singularidades (m.c.a.)

h_p – perda de carga total (m.c.a.)

H_{res} – pressão disponível residual (m.c.a.)

H_{min} – pressão mínima (m.c.a.)

Q_p – vazão de projeto (L/min)

I – intensidade da chuva (mm/h)

A – área de contribuição (m²)

S – área da seção molhada (m²)

n – coeficiente de rugosidade (adimensional)

P – perímetro molhado (m)

i – declividade (m/m)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA RESIDÊNCIA	18
3.	IPAF E IPAQ: MATERIAIS UTILIZADOS	23
3.1.	TUBULAÇÕES	23
3.2.	BOMBA DE FLUXO.....	24
3.3.	RESERVATÓRIO E TORNEIRA BOIA.....	26
3.4.	CONEXÕES, REGISTROS E MISTURADORES	28
4.	IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E DO ALIMENTADOR PREDIAL	32
4.1.	ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO.....	32
4.2.	DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E DO ALIMENTADOR PREDIAL	33
4.3.	RECOMENDAÇÕES: CAVALETE, HIDRÔMETRO, ABRIGO E DIÂMETRO DO ALIMENTADOR PREDIAL.....	34
4.4.	TRAÇADO DO RAMAL PREDIAL E ALIMENTADOR PREDIAL	34
5.	IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO E CONFIGURAÇÃO DO RESERVATÓRIO..	36
6.	IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DO AQUECEDOR	40
6.1.	DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DO AQUECEDOR.....	40
6.2.	IDENTIFICAÇÃO DA PRESSÃO DISPONÍVEL RESIDUAL, POSSIBILIDADE DE VENTILAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO AQUECEDOR.....	42
7.	IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE	44
7.1.	EXPLICAÇÃO DOS CÁLCULOS DAS VARIÁVEIS E DO NÍVEL MÍNIMO DE ÁGUA ADOTADO.....	44
7.2.	LOCALIZAÇÃO DA TABELA DE DIMENSIONAMENTO NO DOCUMENTO.....	47
8.	IPAF E IPAQ: ISOMÉTRICOS DE CADA APOSENTO COM TUBULAÇÃO	48
9.	IPAF E IPAQ: QUANTITATIVOS DE MATERIAL	52
10.	IPES: MATERIAIS UTILIZADOS	54
10.1.	TUBULAÇÕES.....	54
10.2.	CONEXÕES.....	54
10.3.	CAIXAS E RALOS.....	56
11.	IPES: DIMENSIONAMENTO DE RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO, TUBOS DE QUEDA, SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL	58
12.	IPES: ATENDIMENTO À CRITÉRIOS DA NBR 8160 (ABNT, 1999)	65
13.	IPES: DIMENSIONAMENTO SISTEMA DE VENTILAÇÃO	67
13.1.	RAMAIS DE VENTILAÇÃO	67
13.1.1.	Diâmetro e inclinação	67
13.1.2.	Ligações	67

13.2.	COLUNAS DE VENTILAÇÃO.....	69
14.	IPES: QUANTITATIVOS DE MATERIAL.....	73
15.	IPAP: MATERIAIS UTILIZADOS	75
16.	IPAP: CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO.....	78
16.1.	ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO	78
16.2.	VAZÕES DE PROJETO	80
17.	IPAP: DIMENSIONAMENTO CALHAS.....	82
18.	IPAP: DIMENSIONAMENTO CONDUTORES VERTICAIS	85
19.	IPAP: DIMENSIONAMENTO CONDUTORES HORIZONTAIS	88
20.	IPAP: QUANTITATIVOS DE MATERIAL.....	92
21.	CONCLUSÃO	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	ANEXO 1	96

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um projeto hidrossanitário de uma casa. Do começo até o final da construção de um prédio várias são as etapas de execução e para que tudo seja realizado corretamente sem que ocorram grandes problemas é necessário que sejam feitos projetos coerentes, executáveis, que atendam as expectativas e que sigam normas técnicas.

Este projeto conta com a instalação predial de água fria. A água é uma necessidade básica do ser humano, dessa forma o projeto conta com pontos de utilização distribuídos em vários cômodos da casa (lavanderia, cozinha e banheiros) de modo a atender o mínimo das atividades que as pessoas realizam com uso da água, por exemplo, beber água e tomar banho.

Além da água fria, o projeto conta com abastecimento canalizado de água quente por sistema de aquecimento a gás. Assim, pontos que costumeiramente não têm água quente ou são aquecidos por aparelhos elétricos, como pia da cozinha e lavatório, têm esse recurso disponibilizado ao morador.

A instalação conta com tubulações de esgoto devidamente ventiladas que transportam o esgoto sanitário até o passeio onde o setor público realiza o tratamento adequado em estações de tratamento. O esgotamento adequado evita proliferação de doenças e mantém higiene no recinto.

O projeto ainda conta com instalação pluvial responsável por direcionar a água da chuva até o coletor público. O dimensionamento adequado evita infiltrações na casa e inundações, principalmente em épocas de chuvas torrenciais quando o sistema tende a ficar sobrecarregado.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA RESIDÊNCIA

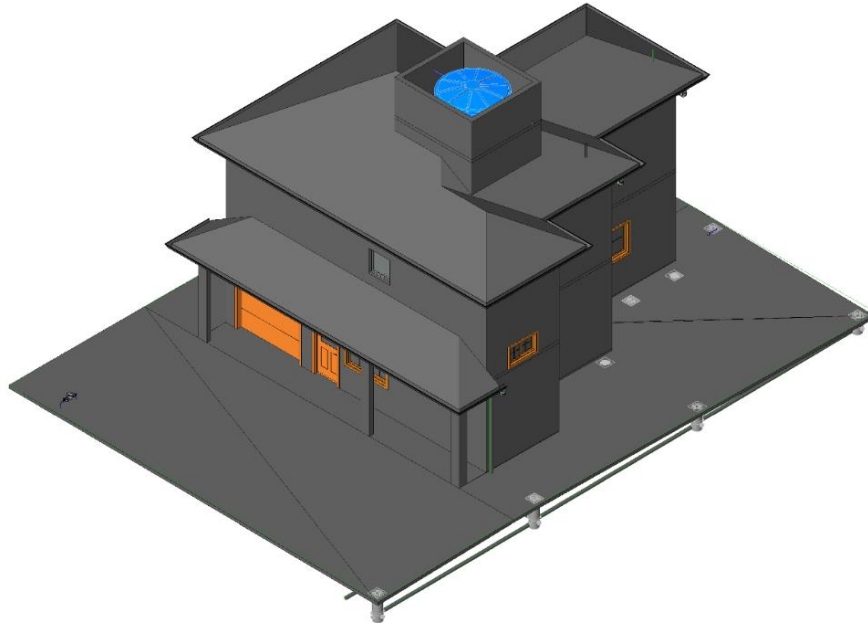
O empreendimento deste projeto hidrossanitário é um prédio residencial de dois pavimentos construído em alvenaria estrutural (figura 1). O primeiro pavimento possui área frontal, garagem, sala e cozinha juntas, banheiro, lavanderia e escada com acesso ao segundo pavimento. O segundo pavimento possui uma escada provinda do primeiro pavimento, área de circulação, dois quartos, banheiro e sala de estudos/jogos. A cobertura é um telhado de telhas cerâmicas com destaque para suporte da caixa de água que fica à vista.

O primeiro pavimento (figura 3) possui área de 77,34 m², incluindo paredes e excluindo projeções de beiral de telhado. O segundo pavimento (figura 4) possui área de 67,74 m², incluindo paredes e excluindo projeções de beiral de telhado. O total da área residencial é igual a 145,08 m².

O lote que contempla a residência fica localizado na Rua B, à 15 metros da Rua D, no município de Porto Alegre – RS, assim como está na figura 2. O lote é retangular, tendo 13,60 m de frente e 18,30 m de fundo.

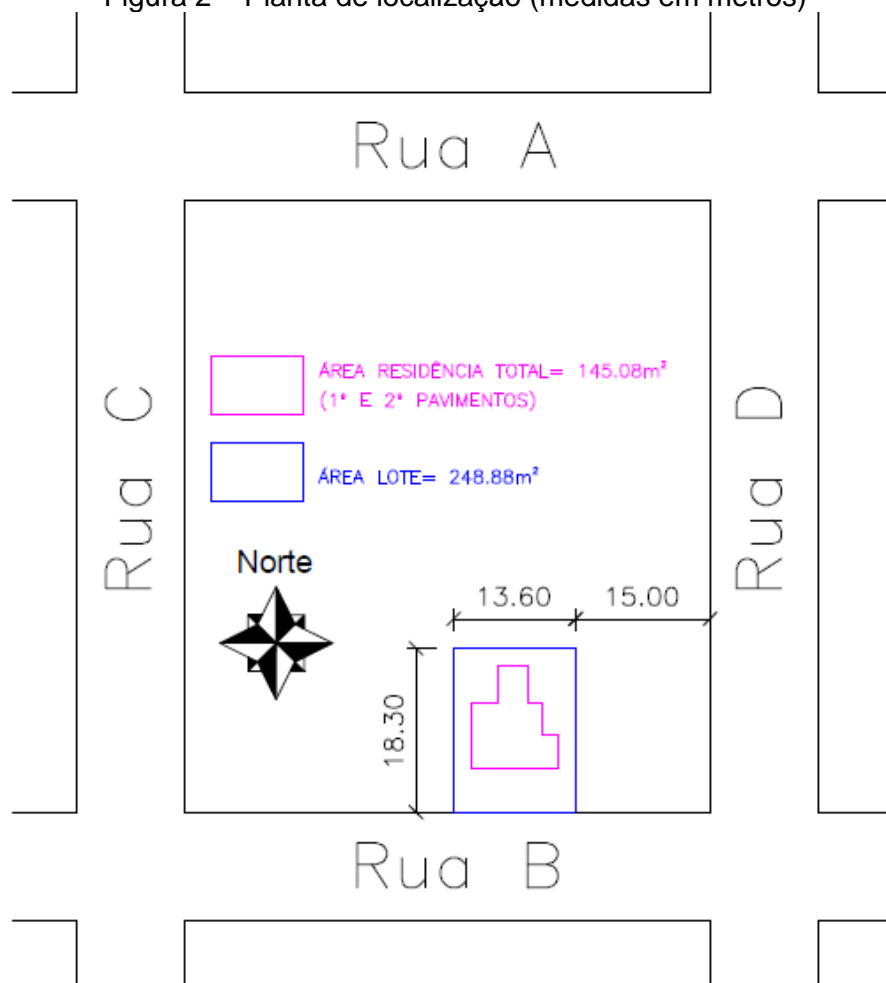
A residência foi dividida em quatro níveis, assim como mostra a figura 5, para fins de cálculos. Os níveis tomam como base as lajes da casa. A laje do reservatório de água está 10 cm abaixo do nível 4 devido afastamento mínimo entre piso e reservatório descrito no Decreto 9369/88 – DMAE.

Figura 1 – Lote e residência do projeto



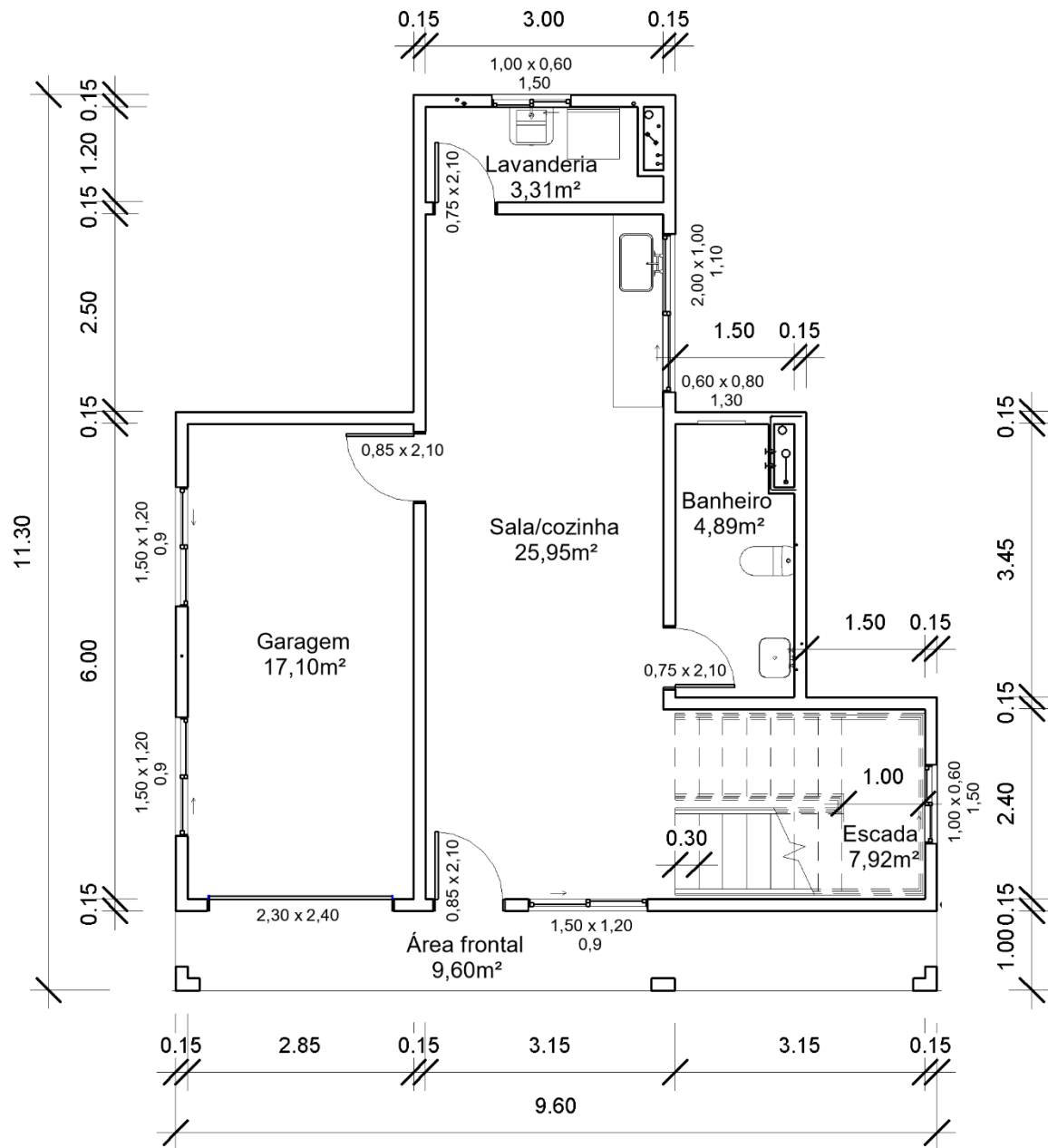
(fonte: do autor, 2023)

Figura 2 – Planta de localização (medidas em metros)



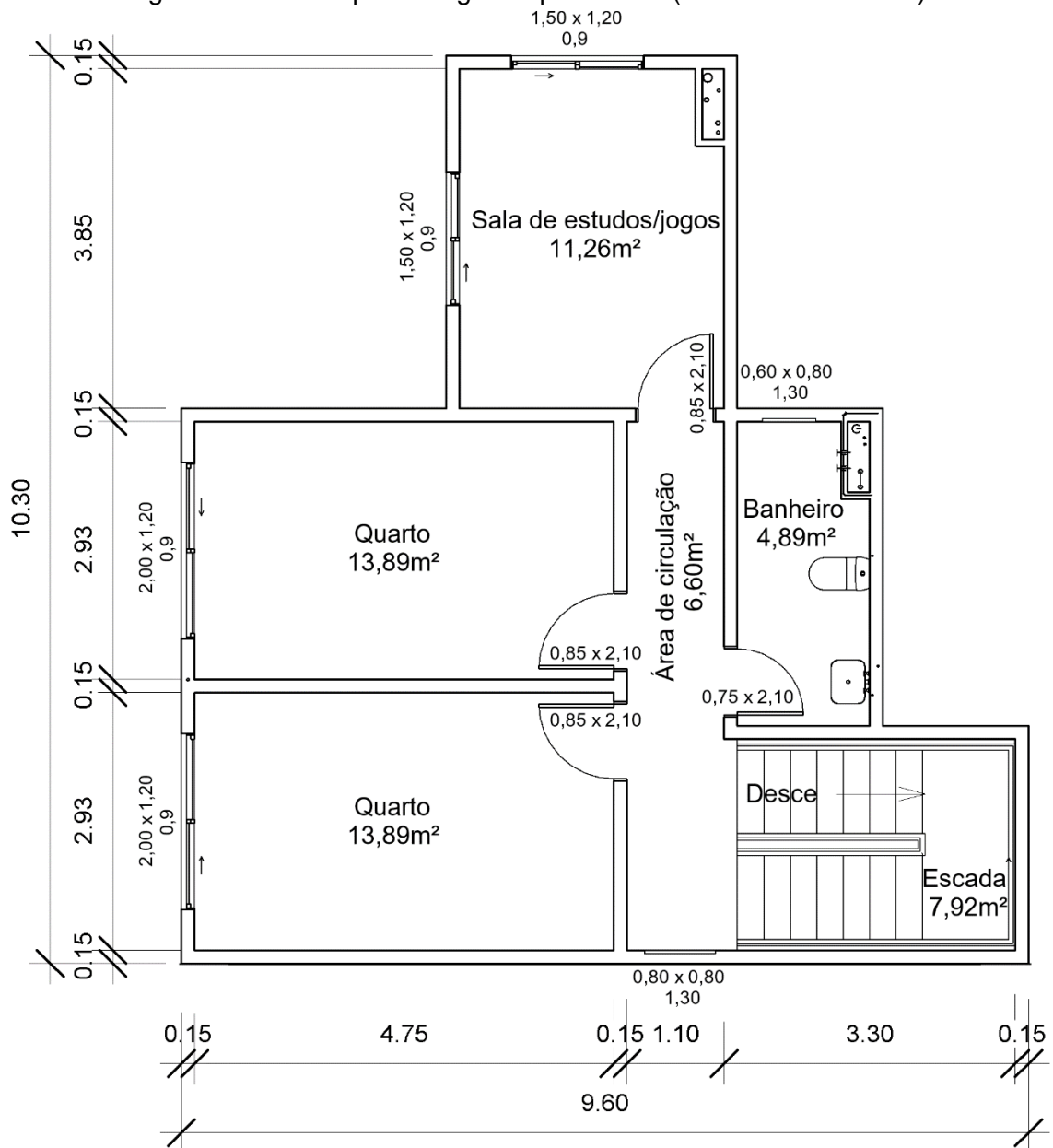
(fonte: do autor, 2023)

Figura 3 – Planta tipo do primeiro pavimento (medidas em metros)



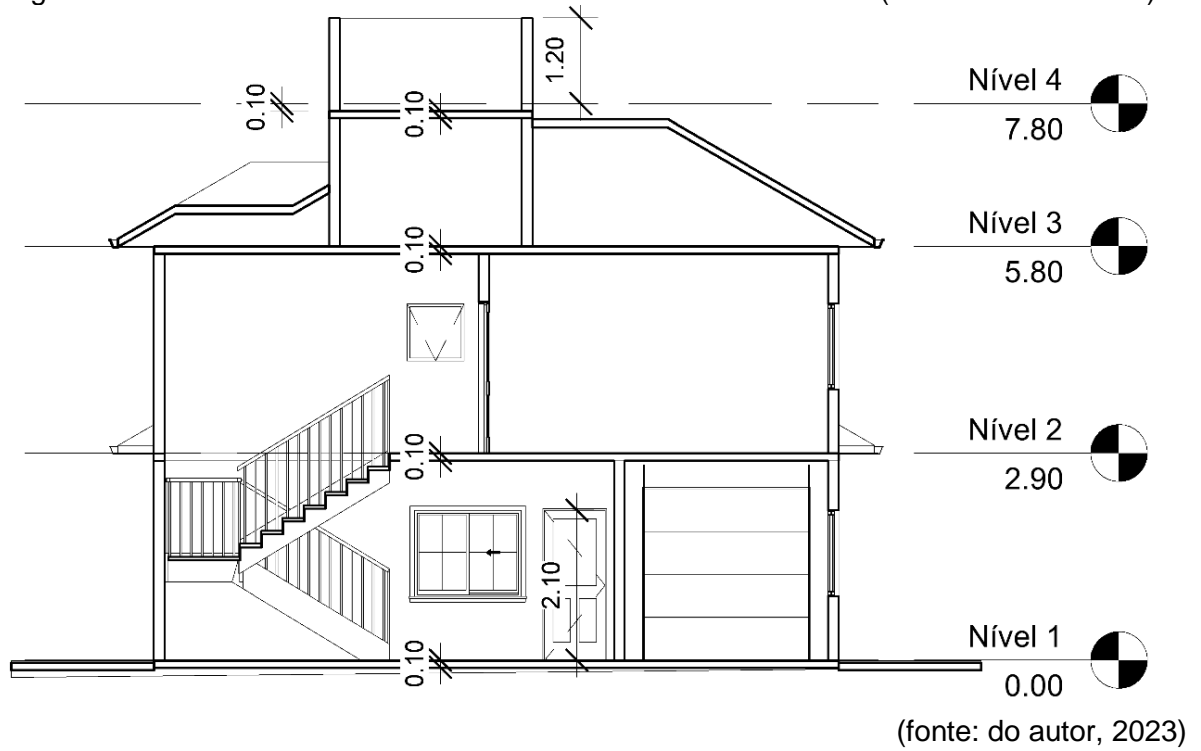
(fonte: do autor, 2023)

Figura 4 – Planta tipo do segundo pavimento (medidas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

Figura 5 – Corte do eixo leste-oeste com alturas e níveis adotados (medidas em metros)



3. IPAF E IPAQ: MATERIAIS UTILIZADOS

3.1. TUBULAÇÕES

As tubulações utilizadas no projeto, tanto para água fria quanto para água quente, são do fabricante *Tigre*. As tubulações utilizadas para água fria são da linha “PVC – Soldável”. As características das tubulações estão apresentadas na figura 6.

Para fins de cálculo das perdas de carga ocasionadas pelas tubulações de PVC, a fabricante fornece um ábaco para encontrar os devidos valores em função de vazão, velocidade e diâmetro. Entretanto, para facilitar o cálculo automatizado em planilha, foi adotada a equação de *Fair-Whipple-Hsiao* para tubos de PVC com água fria que reflete bem a perda de carga em diâmetros de até 50 mm, dada a seguir:

$$J = 8,69 \cdot 10^5 \frac{Q^{1.75}}{D_I^{4.75}} \quad (\text{Fórmula 1})$$

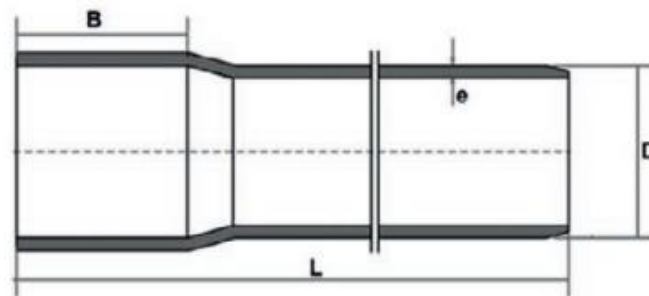
Onde:

J = perda de carga linear em m.c.a./m;

Q = vazão, em L/s;

D_I = diâmetro interno da tubulação, em mm.

Figura 6 – Tubos de PVC soldáveis para água fria



Dimensões (mm)

Cotas	20	25	32	40	50
B	32	32	32	40	50
D	20	25	32	40	50
e	1,5	1,7	2,1	2,4	3,0
L	3000	3000	3000	3000	3000
Código	10121744	10121787	10121817	10121841	10121876

(fonte: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>, p. 8)

As tubulações utilizadas para água quente são da linha “CPVC – *Aquatherm*”. As características das tubulações estão apresentadas na figura 7. A equação para calcular a perda de carga linear da linha CPVC – *Aquatherm* foi retirada do catálogo do fabricante *Tigre*:

$$J = 10,643 \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D_I^{4.87}} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Onde:

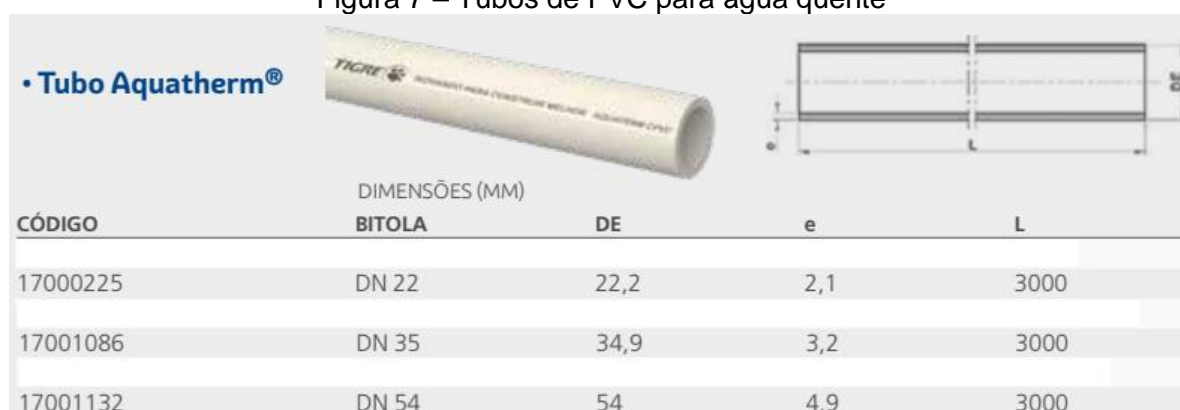
J = perda de carga linear em, m.c.a./m;

Q = vazão, em m³/s;

D_I = diâmetro interno da tubulação, em m;

C = constante do material (150 para PVC).

Figura 7 – Tubos de PVC para água quente



CÓDIGO	DIMENSÕES (MM)			
	BITOLA	DE	e	L
17000225	DN 22	22,2	2,1	3000
17001086	DN 35	34,9	3,2	3000
17001132	DN 54	54	4,9	3000

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/tg-273-20_catagolo_agua_quente_20210622-baixa.pdf, p. 30)

3.2. BOMBA DE FLUXO

Como forma de preocupação em relação à possíveis perdas de carga no aquecedor a gás que não foram consideradas no projeto devido à falta de informação pelo fabricante, foi introduzida uma bomba de fluxo. Ela tem função de aumentar as pressões na tubulação a fim de atender às mínimas pressões disponíveis residuais nos pontos de utilização. O local da bomba fica na laje abaixo do telhado (figura 9), mas é uma medida alternativa, ou seja, a bomba somente será instalada caso seja constatada falta de pressões. Apesar da bomba ser uma necessidade em função de perdas do aquecedor, ela está localizada para alimentar pressões tanto para água fria

quanto para água quente, com objetivo de manter equilíbrio de pressões nos registros do chuveiro.

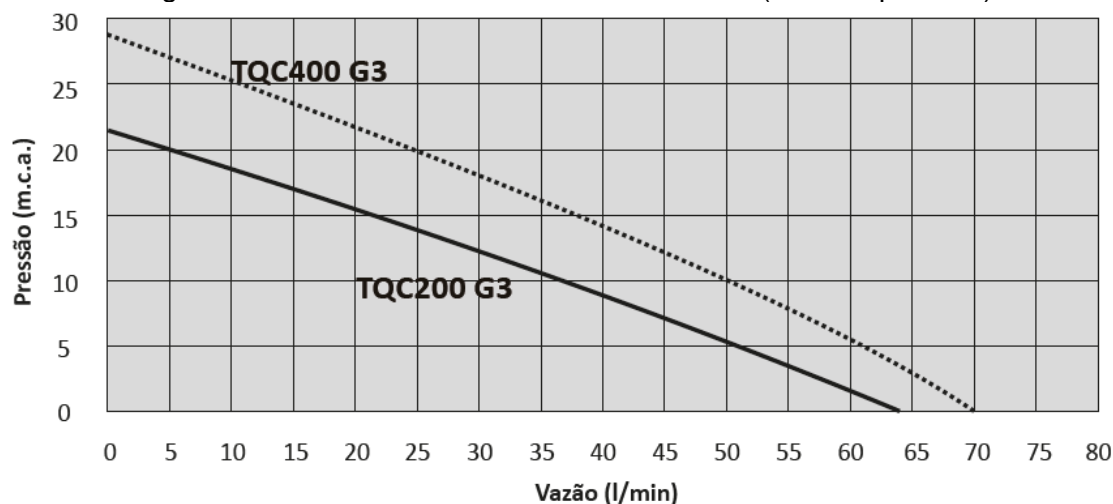
A bomba escolhida é da marca *Komeco*, modelo “TQC200” (tabela 1). Ela suporta vazões de até 55 L/min, desta forma atende a vazão máxima calculada pela planilha de dimensionamento no trecho A – B do barrilete que é 0,82 L/s ou 49,2 L/min. Fornece pressões de até 22 m.c.a. em baixas vazões (figura 8), o que acentua o fato de ligamento dessa bomba somente no caso das pressões disponíveis residuais não serem atendidas. Se ao ligar a bomba a pressão for demasiada, ela pode ser reduzida por estrangulamento no registro esfera, gerando elevada perda de carga localizada.

Tabela 1 – Ficha técnica bomba de fluxo

BOMBA	TQC200 G2	TQC400 G2
Tensão (V)	220/127	220/127
Corrente (A)	2,0/4,0	3,0/6,0
Frequência (Hz)	60	60
Rotação (r.p.m)	3500	3500
Potência (CV)	200W (0,25)	400W (0,5)
Pressão máxima (m.c.a.)	22	30
Vazão máxima (l/min.)	55	75
Vazão c/ 15 m.c.a. (l/min.)	15	43
Conexões entrada/saída (pol.)	3/4"	1"
Peso (Kg)	6,4	8,0

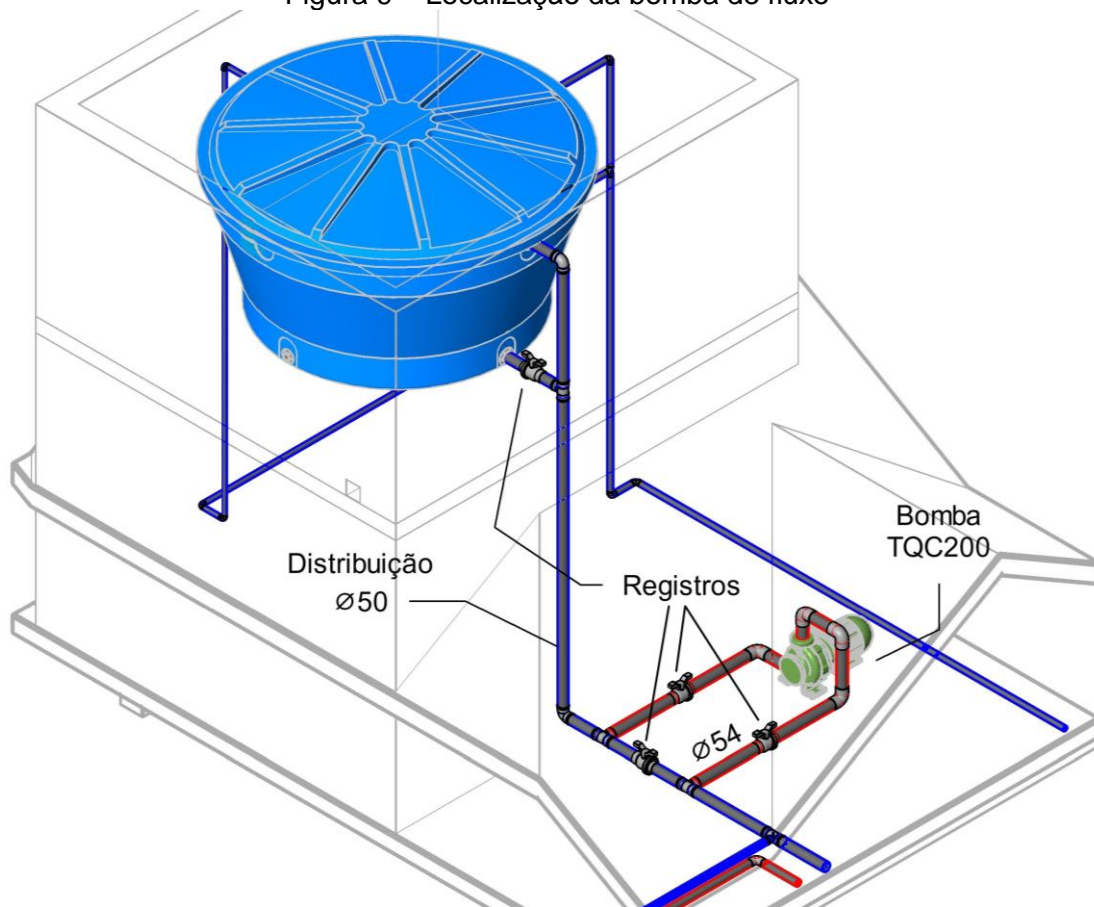
(fonte: <https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/bombas-pressurizadores/bomba-de-fluxo/manual-bomba-tqc-200-tqc-400.pdf>, p. 8)

Figura 8 – Gráfico de funcionamento da bomba (vazão x pressão)



(fonte: <https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/bombas-pressurizadores/bomba-de-fluxo/manual-bomba-tqc-200-tqc-400.pdf>, p. 13)

Figura 9 – Localização da bomba de fluxo

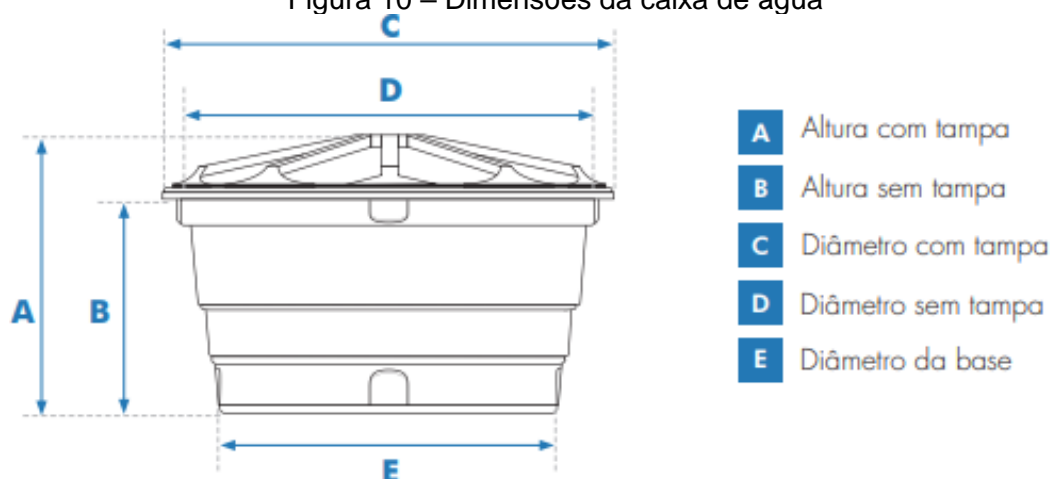


(fonte: do autor, 2023)

3.3. RESERVATÓRIO E TORNEIRA BOIA

Para a reservação superior de água optou-se por uma caixa de água de polietileno da marca *Fortlev* de 2000 litros (figura 10). Junto à caixa de água vem instalada uma torneira boia também da *Fortlev* (figura 11). As especificações do fabricante estão a seguir:

Figura 10 – Dimensões da caixa de água

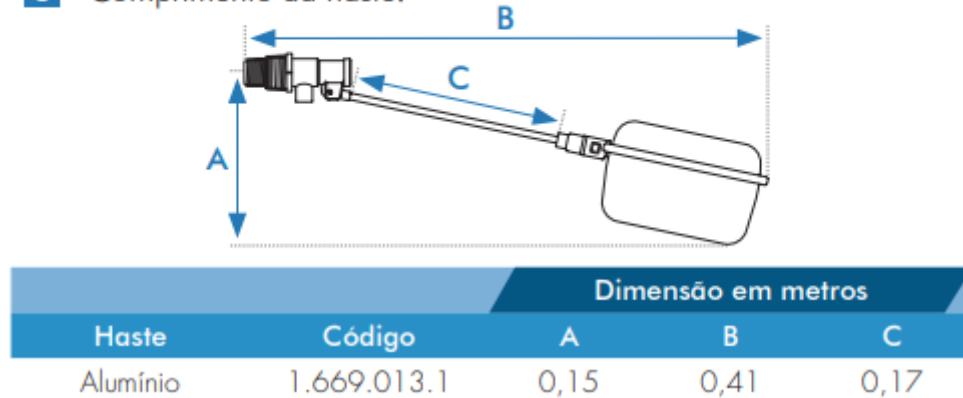


Capacidade em litros	Dimensões em metros				
	A	B	C	D	E
100	0,51	0,41	0,75	0,73	0,54
150	0,55	0,43	0,88	0,87	0,61
250	0,66	0,50	1,04	1,03	0,75
310	0,69	0,54	1,04	1,03	0,75
500	0,72	0,58	1,24	1,22	0,95
750	0,77	0,58	1,52	1,51	1,16
1.000	0,97	0,76	1,52	1,51	1,16
1.500	1,05	0,83	1,77	1,75	1,43
2.000	1,12	0,90	2,00	1,99	1,66
3.000	1,49	1,21	2,28	2,22	1,72
5.000*	2,00	1,63	2,45	2,37	1,85
7.500*	2,37	1,89	2,81	2,78	2,26
10.000*	2,57	2,03	2,95	2,92	2,41
15.000*	3,13	2,62	3,17	3,15	2,67

(fonte: https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual_tecnico_fortlev_caixa_dagua_2020-06.pdf, p. 3)

Figura 11 – Dimensões da torneira boia

- A** Altura entre entrada e nível da água.
- B** Comprimento da Torneira de Boia instalada.
- C** Comprimento da haste.

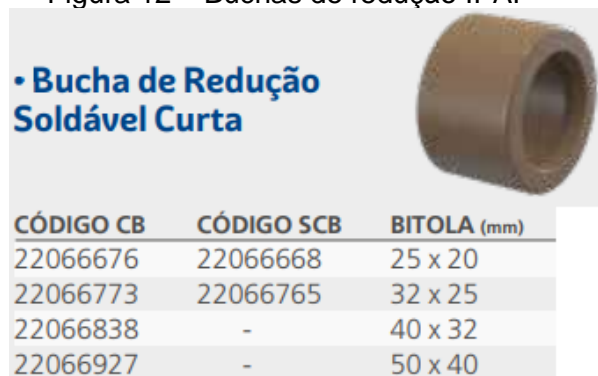


(fonte: https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Catalogo_Produtos_Fortlev_MINI.pdf, p. 11)

3.4. CONEXÕES, REGISTROS E MISTURADORES

As buchas de redução (figuras 12 e 13), joelhos (figuras 14 e 17), tês (figuras 16 e 19), tês de redução (figuras 15 e 18) e registros esfera (figuras 20 e 21) para a IPAF e IPAQ são todos do fabricante *Tigre*.

Figura 12 – Buchas de redução IPAF



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 12)

Figura 13 – Buchas de redução IPAQ



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 30)

Figura 14 – Joelhos IPAF

• Joelho 90° Soldável



CÓDIGO CB	CÓDIGO SCB	BITOLA (mm)
22150219	22150200	20
22150260	22150251	25
22150332	22150324	32
22150405	-	40
22150510*	22150502	50

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 13)

Figura 15 – Tês de redução IPAF

• Tê Redução Soldável



CÓDIGO	BITOLA (mm)
22216821	40 x 25
22216910	50 x 32
22216929	50 x 40

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 14)

Figura 16 – Tês IPAF

• Tê Soldável



CÓDIGO CB	CÓDIGO SCB	BITOLA (mm)
22200216	22200208	20
22200267	22200259	25
22200518	22200500	50

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 15)

Figura 17 – Joelhos IPAQ

• Joelho 90° Aquatherm®



CÓDIGO	BITOLA (mm)
22850954	DN 22
37420751	DN 35
37420778	DN 54

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 30)

Figura 18 – Tês de redução IPAQ

• Tê 90° de Redução Aquatherm®



CÓDIGO	BITOLA (mm)
22854577	DN 35 x 22

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 31)

Figura 19 – Tês IPAQ

• Tê Aquatherm®



CÓDIGO	BITOLA (mm)
22851950	DN 22
37420816	DN 35

(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 31)

Figura 20 – Registros esfera externo



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 20)

Figura 21 – Registros esfera interno



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 21)

Os misturadores/registros de pressão são da fabricante *Docol* (figuras 22 e 23).

Figura 22 – Misturador G3/4" (Cód. 00394100)



(fonte: <https://www.docol.com.br/00394100-misturador-para-chuveiro-docolbase-g3-4-p987342>)

Figura 23 – Misturador G1/2" x G1/2" (Cód. 00394200)



(fonte: <https://www.docol.com.br/00394200-misturador-para-chuveiro-docolbase-g1-2-x-g1-2-p987335>)

Para o cálculo das perdas de carga localizadas é utilizado o método dos comprimentos equivalentes. Este método considera que a perda de carga provocada por singularidade resulta igual à perda de carga contínua associada a um comprimento equivalente de tubulação. Nesse sentido, a perda de carga unitária foi estimada nesse trabalho utilizando a equação de *Fair-Whipple-Hsiao*, para água fria, e a equação do fabricante, para água quente.

As perdas de carga singulares das buchas de redução e conectores foram desconsideradas. As perdas de carga singulares dos demais itens foram estimadas com base nos comprimentos equivalentes informados no catálogo da *Tigre* (figura 24). As perdas de carga dos misturadores foram consideradas como se fossem curvas de

90° devido à forma geométrica ser parecida. As perdas de carga dos registros de pressão nos chuveiros foram consideradas as mesmas dos registros globo, pois a tabela do fabricante não informa registros de pressão e os registros globo são os que mais se assemelham na questão da perda de carga. As perdas de carga dos registros esfera foram consideradas as mesmas dos registros de gaveta, pois a tabela do fabricante não informa registros esfera e os registros de gaveta são os que mais se assemelham na questão da perda de carga.

Os comprimentos equivalentes da figura 24 são apenas para singularidades de água fria. Como não há tabela específica do fabricante para singularidades de água quente, utilizou-se a mesma tabela considerando para o cálculo sempre um valor de diâmetro interno superior como segurança. Por exemplo, para o diâmetro interno 28,5 mm (DE 35 mm) de água quente, utilizou-se os valores da tabela para diâmetro interno 35,2 mm (DE 40 mm) de água fria.

Figura 24 – Comprimentos equivalentes das conexões, válvulas e registros

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

(fonte: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>, p. 34)

4. IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E DO ALIMENTADOR PREDIAL

4.1. ESTIMATIVA DE CONSUMO DIÁRIO

O número de pessoas a serem atendidas em residências é calculado conforme estimativa do Decreto 9369/88 – DMAE:

$$N_p = 3N_{Ds} + 2N_{De} \quad (\text{Fórmula 3})$$

Onde:

N_p = número de pessoas a serem atendidas, em hab.

N_{Ds} = número de dormitórios com área maior que 12 m² por apartamento;

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

A casa possui dois dormitórios, ambos com área 13,89 m². Assim tem-se $N_{Ds} = 2$ e $N_{De} = 0$. Aplicando na fórmula 3 tem-se:

$$\begin{aligned} N_p &= 3 \cdot 2 + 2 \cdot 0 \\ N_p &= 6 \text{ hab} \end{aligned}$$

O consumo diário é calculado pela fórmula 4:

$$C_D = C_{pc} \cdot N_p \quad (\text{Fórmula 4})$$

Onde:

C_D = consumo diário, em L/dia;

C_{pc} = consumo diário per capita, em L/hab.dia;

Como $C_{pc} = 200$ L/hab.dia para residências, segundo o Decreto 9369/88 – DMAE, calcula-se a estimativa do consumo diário pela fórmula 4:

$$\begin{aligned} C_D &= 200 \cdot 6 \\ C_D &= 1200 \text{ L/dia, ou} \\ C_D &= 0,05 \text{ m}^3/\text{h, ou} \\ C_D &= 0.000013\bar{8} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

4.2. DIMENSIONAMENTO DO RAMAL PREDIAL E DO ALIMENTADOR PREDIAL

O diâmetro do ramal predial é definido em função da estimativa do consumo diário e de um intervalo de velocidades que, de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), não provoque altos ruídos, golpes de aríete e cavitação. Adotando-se um intervalo de velocidades coerente ($0.6 \text{ m/s} < v < 1 \text{ m/s}$), pode-se determinar o diâmetro através da verificação da fórmula 5:

$$D_{ramal} = \sqrt{\frac{4C_D}{\pi v}} \cdot 1000 \quad (\text{Fórmula 5})$$

Onde:

D_{ramal} = diâmetro interno da tubulação do ramal, em mm;

C_D = consumo diário, em m^3/s ;

v = velocidade, em m/s .

Para $v = 1 \text{ m/s}$:

$$D_{ramal} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0000138}{\pi \cdot 1}} \cdot 1000 = 4,2 \text{ mm}$$

Para $v = 0.6 \text{ m/s}$:

$$D_{ramal} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0000138}{\pi \cdot 0,6}} \cdot 1000 = 5,4 \text{ mm}$$

Para o intervalo $\{4,2 \text{ mm} < DI < 5,4 \text{ mm}\}$ não há nenhum tubo correspondente, pois os tubos comercializados pelo fabricante têm diâmetros maiores. Desta forma adota-se para o ramal predial o menor diâmetro nominal existente (20 mm) cujo diâmetro interno é 17 mm. Como 17 mm é bem maior do que o intervalo calculado, a velocidade da água fica bem pequena e não provoca problemas. Além disso de acordo com o Decreto 9369/88 – DMAE, os diâmetros fornecidos pelo DMAE são 20 mm e 32 mm, ficando assim atendido.

4.3. RECOMENDAÇÕES: CAVALETE, HIDRÔMETRO, ABRIGO E DIÂMETRO DO ALIMENTADOR PREDIAL

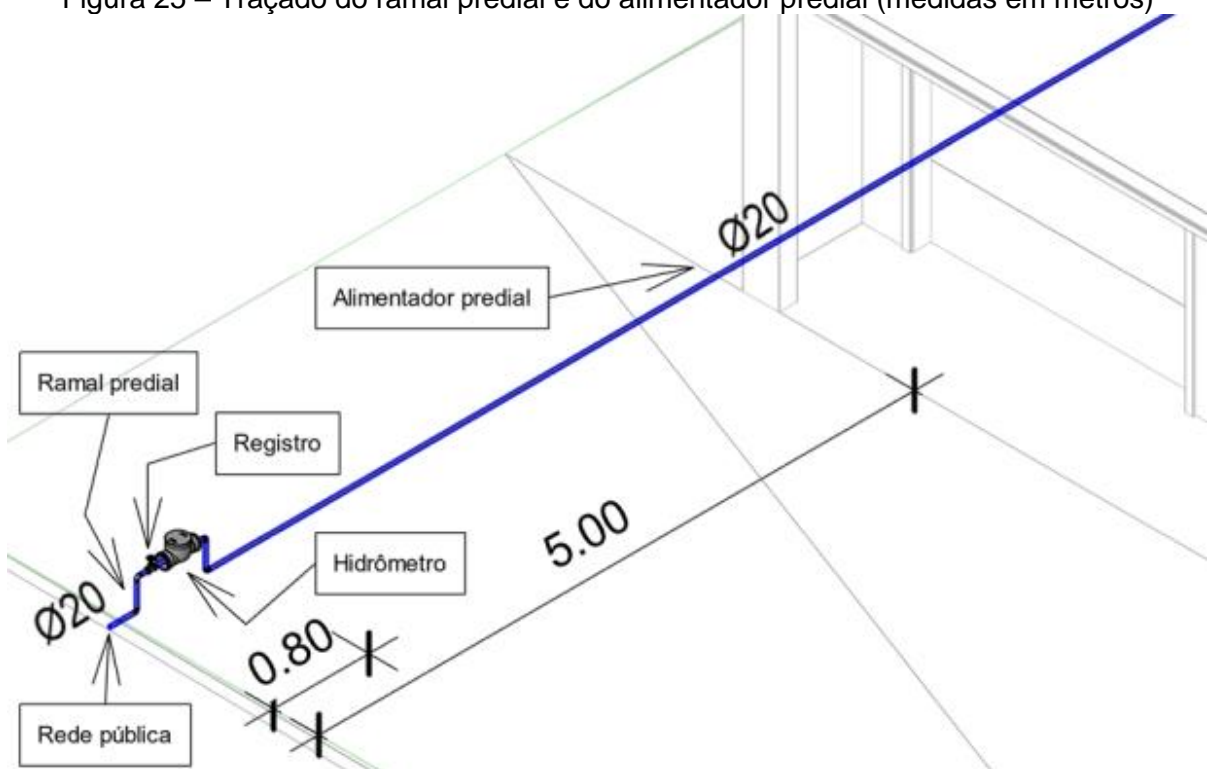
De acordo com o Decreto 9369/88 – DMAE, a instalação, guarda e responsabilidade do cavalete e do hidrômetro são do DMAE. O abrigo deverá ser construído e pago pelo usuário.

O diâmetro do alimentador predial segue os mesmos critérios de dimensionamento do ramal predial e, portanto, seu diâmetro nominal deverá ser também de 20 mm. Como não há reservatório inferior, o alimentador termina no reservatório superior.

4.4. TRAÇADO DO RAMAL PREDIAL E ALIMENTADOR PREDIAL

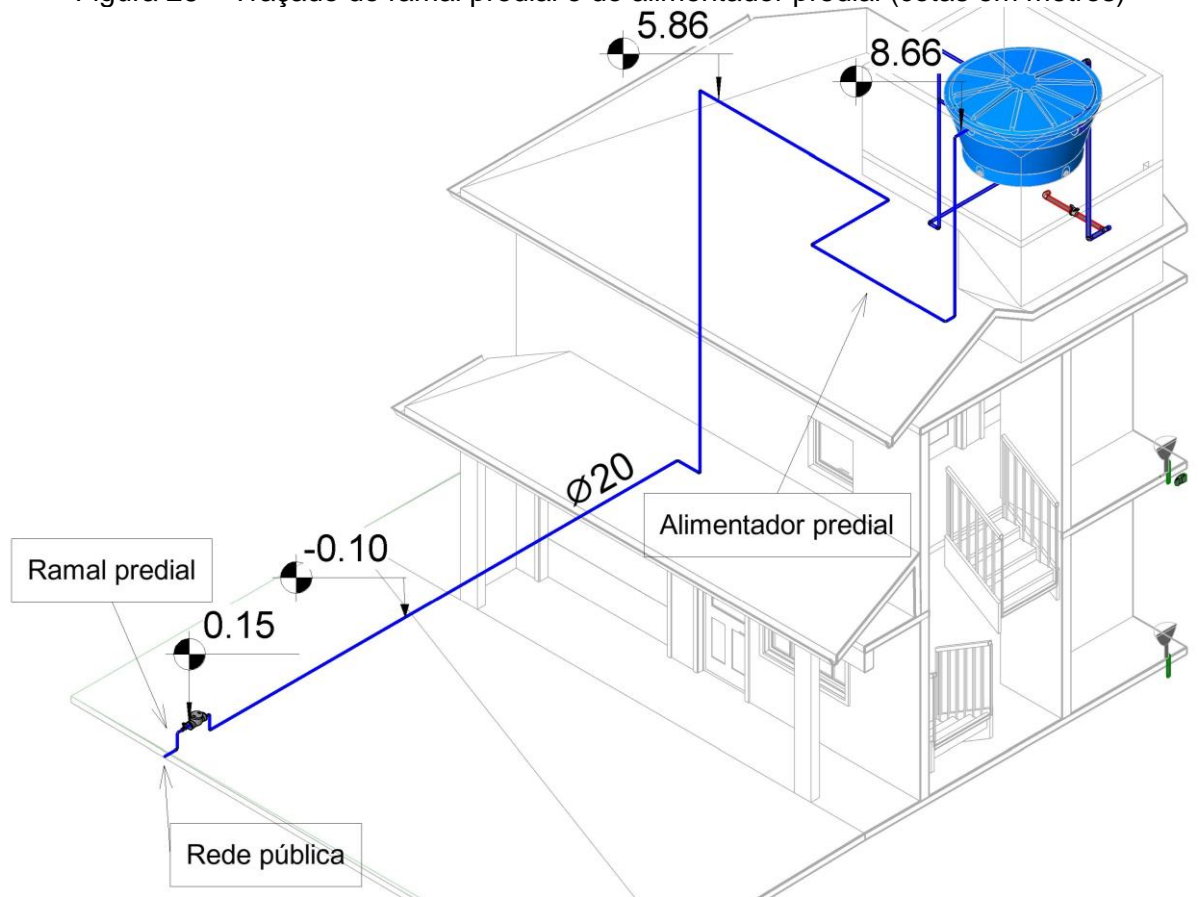
As figuras 25 e 26 mostram o traçado do ramal predial e do alimentador, desde a rede pública até o reservatório. A subida do alimentador predial se dá por dentro da parede.

Figura 25 – Traçado do ramal predial e do alimentador predial (medidas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

Figura 26 – Traçado do ramal predial e do alimentador predial (cotas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

5. IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO E CONFIGURAÇÃO DO RESERVATÓRIO

De acordo com o Decreto 9369/88 – DMAE, existe obrigatoriedade para existência de reservatório inferior de água caso o número de pavimentos da residência que ficam acima do nível médio da rua ultrapasse quatro pavimentos. Como a residência do projeto possui apenas dois pavimentos, optou-se por usar somente reservatório superior. Desta forma, não há bomba nem recalque, sendo considerado que a pressão na rede pública é suficiente para abastecer o reservatório superior da casa.

Apesar de primeiramente não existir, o Decreto 9369/88 – DMAE estabelece que seja designado um local para possível construção de reservatório inferior e colocação de bomba, caso haja necessidade futura. A área que fica atrás da garagem e ao lado da cozinha é um bom local para este fim, pois fica isolado, não atrapalha circulação no terreno e fica próximo do alimentador predial para fazer ligação.

O Decreto 9369/88 – DMAE estabelece que a reservação total deve estar entre um e três consumos diários (C_D). É importante considerar na reservação um valor para possível falta de água durante o dia, neste projeto admitido $0,5C_D$, ou seja, 12 horas com falta de água pelo distribuidor público. O volume reservado para combate à incêndio e para ar condicionado é igual a zero. Assim pode-se calcular o volume mínimo necessário do reservatório superior pela fórmula 6:

$$V_{rs} = C_D + 0,5C_D + V_{ci} + V_{ac} \quad (\text{Fórmula 6})$$

Onde:

V_{rs} = volume do reservatório superior, em m³;

C_D = consumo diário, em m³;

V_{ci} = volume reservado para combate à incêndio, em m³;

V_{ac} = volume reservado para ar condicionado, em m³;

0,5 = número de dias de falta de água.

Substituindo os valores na fórmula 6:

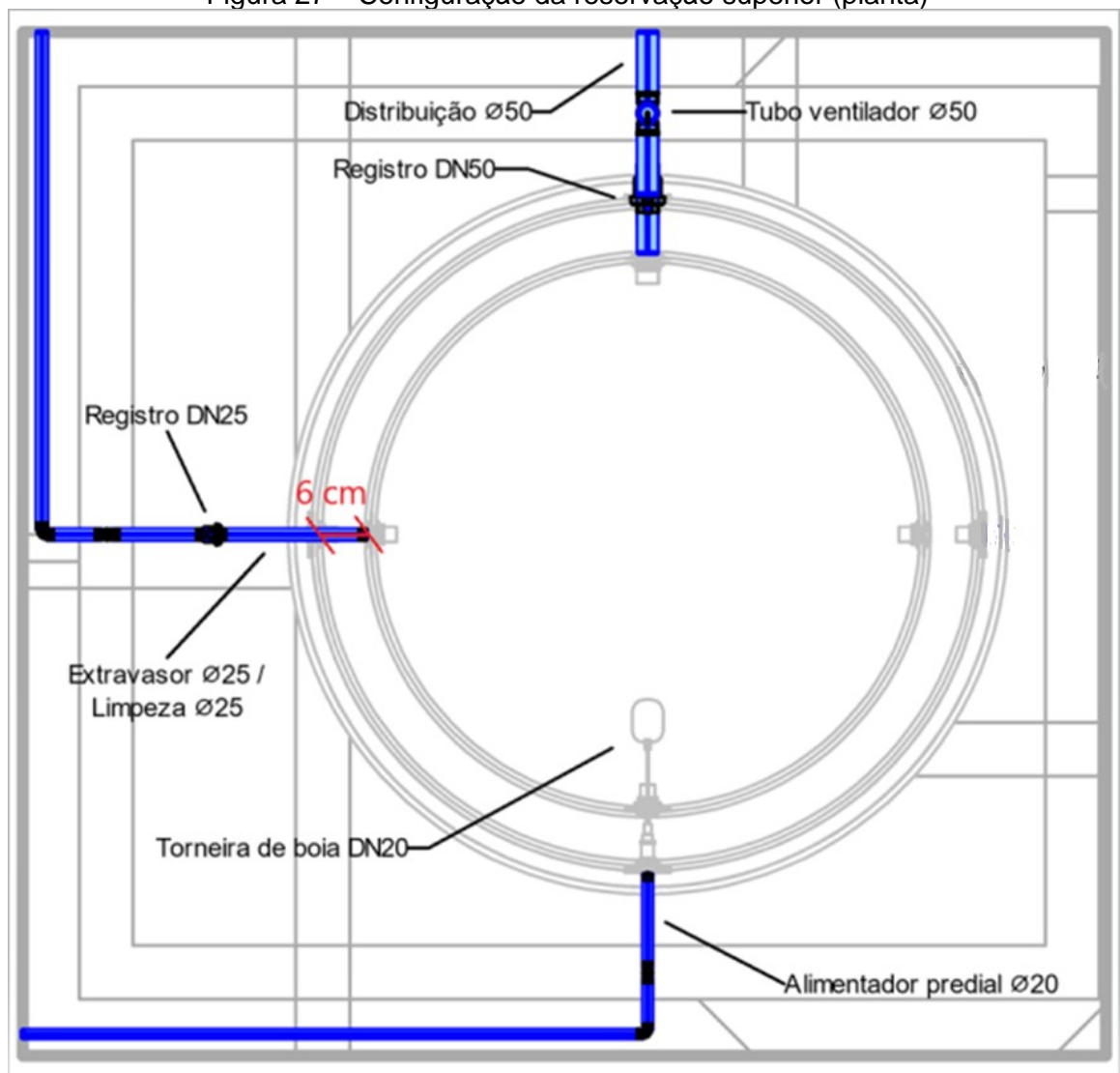
$$V_{rs} = 1,2 + 0,5 \cdot 1,2 + 0 + 0$$

$$V_{rs} = 1,8 \text{ m}^3$$

Pelo Decreto 9369/88 – DMAE, quando o volume da reservação ultrapassar 6 m³, o reservatório deve ser dividido em dois compartimentos. No caso da NBR 5626 (ABNT, 2020), se a residência não for unifamiliar isolada, o reservatório deve ter mais de uma divisão. Como para este caso não há enquadramento, optou-se por um único reservatório superior sem divisão de 2 m³ de capacidade da marca *Fortlev* em polietileno.

A imagem em planta da caixa de água (figura 27) destaca a cota de 6 cm no extravasor, distância entre a borda da caixa e o fim do extravasor, respeitando a NBR 5626 (ABNT, 2020).

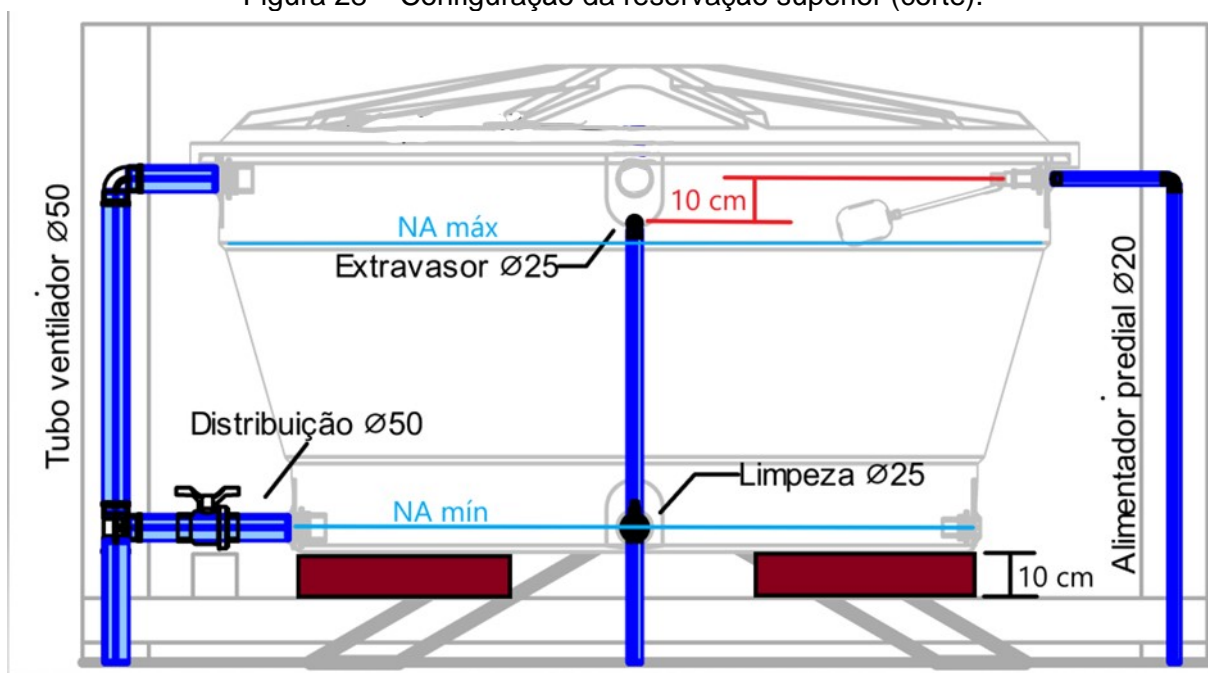
Figura 27 – Configuração da reservação superior (planta)



(fonte: do autor, 2023)

A imagem em corte (figura 28) mostra a distância de 10 cm entre o extravasor e o alimentador predial, medida maior do que a mínima requisitada pela NBR 5626 (ABNT, 2020). O Decreto 9369/88 – DMAE estabelece distância mínima de 10 cm entre o reservatório e o piso, assim como está na imagem em corte.

Figura 28 – Configuração da reservação superior (corte).

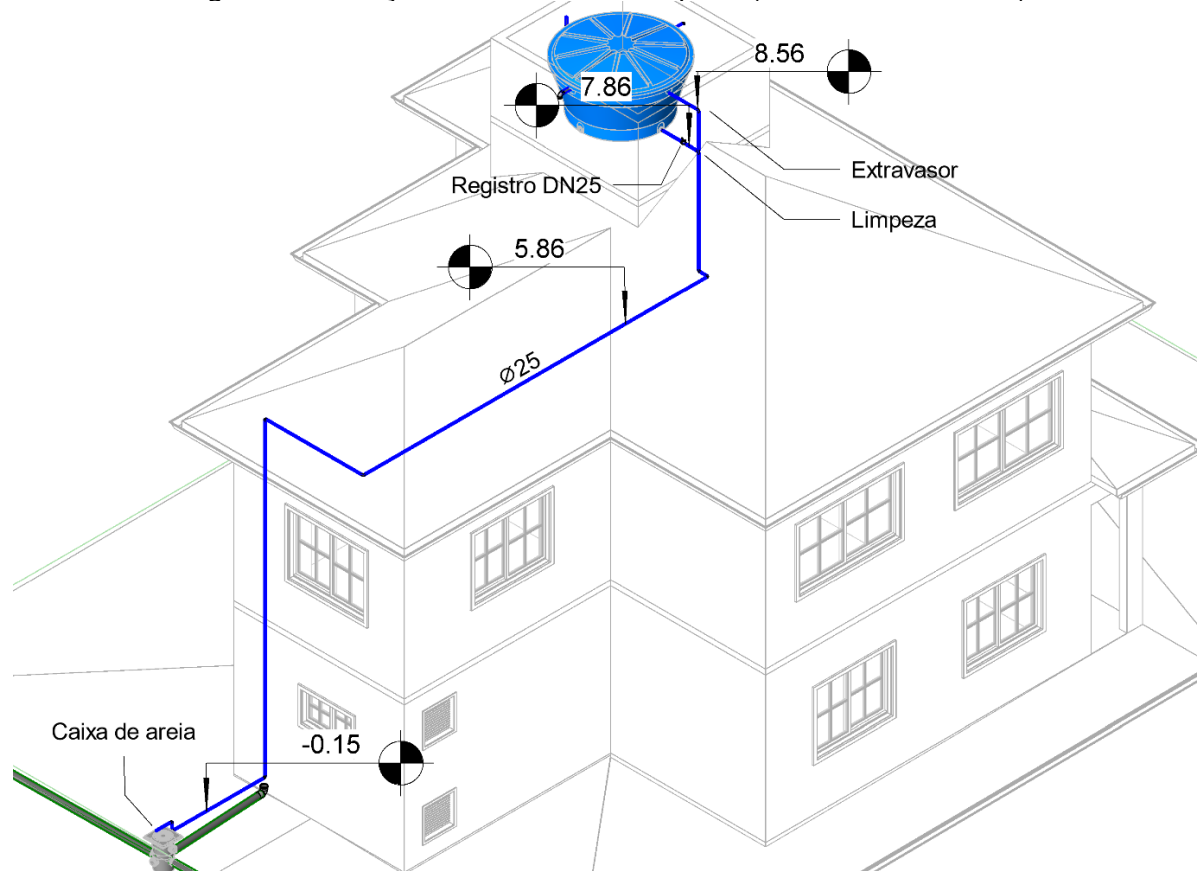


(fonte: do autor, 2023)

O tubo extravasor e de limpeza levam água eliminada pelo reservatório (figura 29). Entretanto, o extravasor elimina água em caso de mau funcionamento da torneira boia, havendo assim desperdício de água. Uma forma encontrada de revelar ao proprietário da residência que há transbordamento de água é deixar essa tubulação à vista na conexão com a caixa de areia da parte pluvial (figura 30). Assim, o proprietário pode ver a água e tomar providências para resolver o problema.

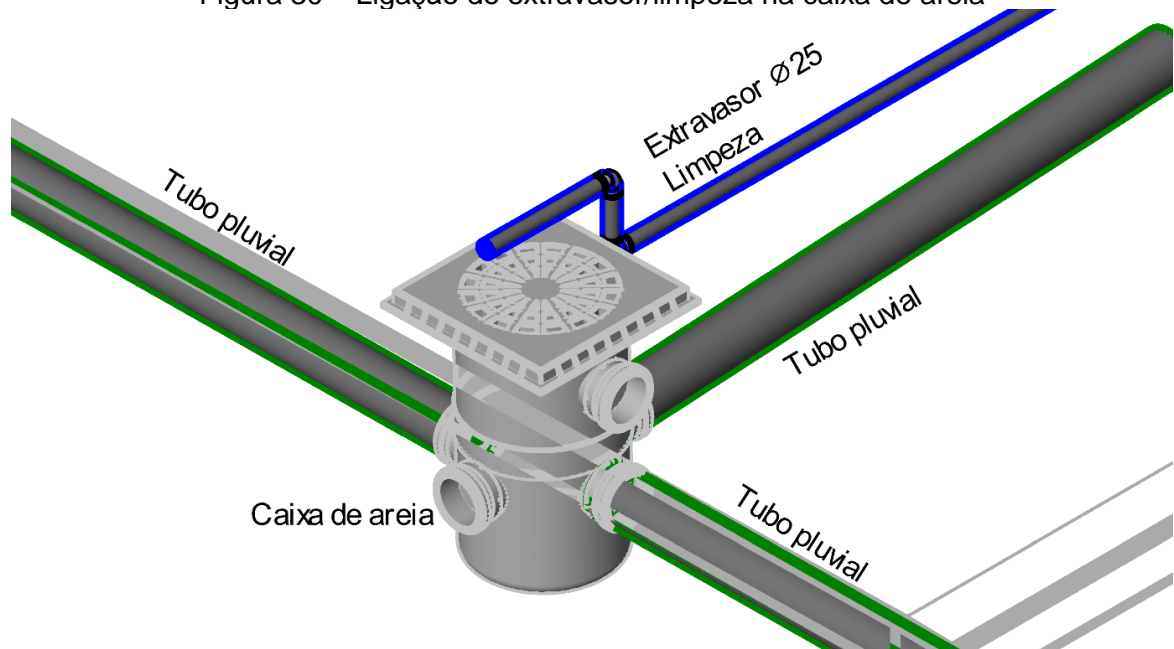
Nos casos em que o reservatório ficar sem fluxo de água por muito tempo, por exemplo, quando a residência não tiver morador ou o morador se ausentar por alguma viagem, é importante que antes de reusar a água do reservatório seja feita higienização do mesmo para que seja garantida a qualidade da água potável. O cloro residual, sem ingresso de água nova, se extingue em três dias e bactérias podem se proliferar.

Figura 29 – Traçado do extravasor/limpeza (medidas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

Figura 30 – Ligação do extravasor/limpeza na caixa de areia



(fonte: do autor, 2023)

6. IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DO AQUECEDOR

6.1. DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DO AQUECEDOR

Para a IPAQ foi escolhido como mecanismo de aquecimento da água o aquecedor de passagem a gás. Para poder escolher um aquecedor no mercado comercial é preciso determinar a vazão necessária para alimentar todos os equipamentos hidráulicos com água quente. A NBR 5626 (ABNT, 2020) não especifica um método para o cálculo das vazões nas tubulações. Assim, optou-se pelo método apresentado na versão anterior da norma NBR 5626 (ABNT), que leva em consideração a probabilidade de uso nos pontos de utilização e o somatório de pesos atribuídos às peças de utilização (tabela 2) que englobam cada trecho. O método é dado pela Fórmula 7 e é utilizado no dimensionamento da IPAF e IPAQ:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum P} \quad (\text{Fórmula 7})$$

Onde:

Q = vazão, em L/s;

$\sum P$ = somatório dos pesos dos equipamentos hidráulicos;

Tabela 2 – Pesos dos equipamentos hidráulicos

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

(fonte: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>, p. 33)

Substituindo-se os valores na Fórmula 7, tem-se a vazão necessária para alimentar os equipamentos hidráulicos que usarão água quente, neste caso dois chuveiros com misturador, dois lavatórios com misturador, uma pia com misturador e uma lavadora de roupas:

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum (0,4 \cdot 2 + 0,3 \cdot 2 + 0,7 + 1)}$$

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum 3,1}$$

$$Q = 0,53 \text{ L/s, ou}$$

$$Q = 31,69 \text{ L/min}$$

Como sugestão ao proprietário do imóvel, escolheu-se, para atender aos requisitos de vazão (31,69 L/min), o aquecedor modelo “KO 33D/DI PRIME” (figura 31) da fabricante

Komeco, que possui vazão de água com acréscimo de 20 °C de 32,5 L/min, rendimento de 87%, potência nominal de aproximadamente 52,2 kW e carga hidráulica mínima de funcionamento de 1 m.c.a.

Figura 31 – Ficha técnica do aquecedor modelo KO 33D/DI PRIME

1.2 FICHA TÉCNICA

DESCRIÇÃO SISTEMA	AQUEC AUT KO 33D PRIME	AQUEC AUT KO 33DI PRIME	AQUEC AUT KO 33D PRIME	AQUEC AUT KO 33DI PRIME
TIPO DE GÁS	GLP		GN	
Vazão de água com acréscimo de 20º (L/min)	32,5		32,5	
Classificação INMETRO	A		A	
Rendimento	87		87	
Potência nominal nas condições padrão	44.890 kcal/h (748kcal/min) (52,2 kW)		44.890 kcal/h (748kcal/min) (52,2 kW)	
Consumo máximo de gás	3,79 kg/h		4,71 m³/h	
Pressão de gás - dinâmico (mm.c.a.)	280		200	
Tempo de Ignição	2s		2s	
Pressão de água (m.c.a.) mínima	1		1	
Pressão de água (m.c.a.) ideal de trabalho	>10		>10	
Pressão de água (m.c.a.) máxima	60		60	
Vazão mín. para acendimento (l/min)	3		3	
Diâmetro da chaminé (mm)	80		80	
Dimensões LxAxP (cm)	38,2x63,4x18,6		38,2x63,4x18,6	
Dimensões embalagem LxAxP (cm)	44,3x70x25,4		44,3x70x25,4	
Peso líquido (kg)	18,1		18,1	
Peso bruto (kg)	20,7		20,7	
Entrada de água (pol)	3/4 (Centro)		3/4 (Centro)	
Saída de água quente (pol)	3/4 (Esquerda)		3/4 (Esquerda)	
Alimentação do gás (pol)	3/4 (Direita)		3/4 (Direita)	
Alimentação de energia	127-220V (Bivolt automático)		127-220V (Bivolt automático)	
Consumo de energia	54 Wh		54 Wh	
Exaustão	Forçada		Forçada	
Comprimento Máximo da Chaminé	3,5 m		3,5 m	
Altura Máxima e Mínima do primeiro trecho da chaminé (antes da curva)	1 m		1 m	
Cor	Branco	Inox	Branco	Inox
Garantia* (verificar política)	3 anos		3 anos	
Código comercial	0100012209	0100012210	0100012207	0100012208
Código de barras	7899369814273	7899369814280	7899369814297	7899369814303

(fonte: <https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/aquecimento-gas/prime/manual-aquecimento-gas-linha-prime-33.pdf>, p. 7)

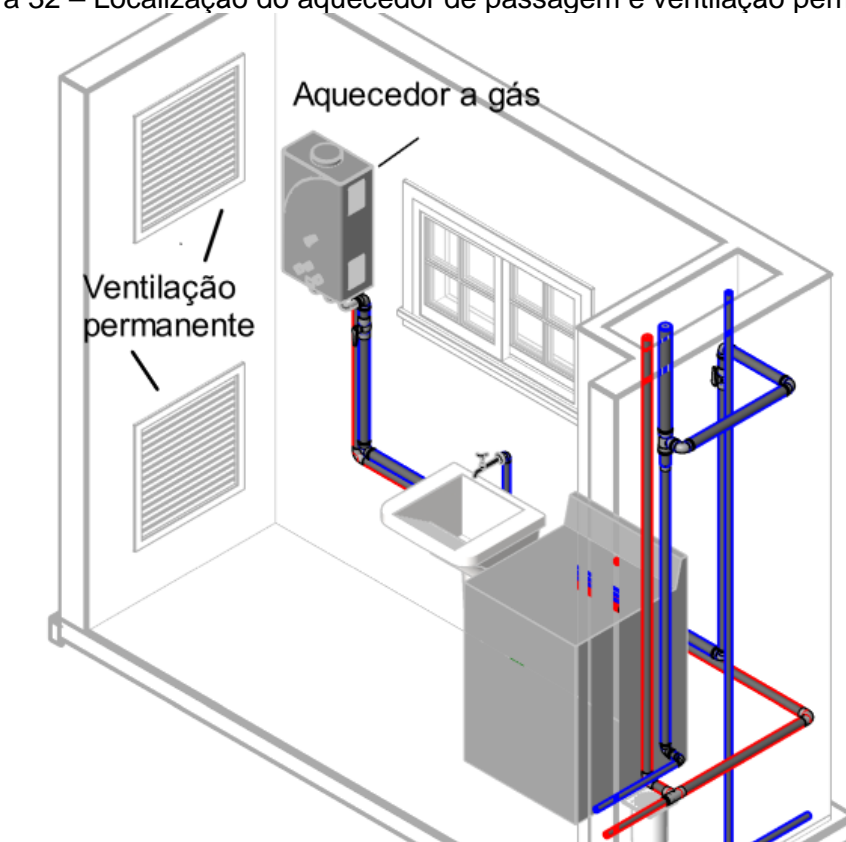
6.2. IDENTIFICAÇÃO DA PRESSÃO DISPONÍVEL RESIDUAL, POSSIBILIDADE DE VENTILAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO AQUECEDOR

Como o aquecedor pode fazer bastante barulho, optou-se pela instalação do mesmo na lavanderia ao lado do tanque, longe de cômodos que requerem silêncio, como os

quartos. A lavanderia possui janelas permanentes para sua ventilação, uma acima e outra abaixo do aquecedor na parede ao lado (figura 32).

A pressão disponível residual calculada no aquecedor é de 5,75 m.c.a.. De acordo com o fabricante essa pressão é suficiente para o seu funcionamento. Entretanto, apesar de existir uma perda de carga no aquecedor, seu valor não é conhecido e foi desconsiderado para o cálculo das pressões, porém sabe-se que é significativa. O ponto mais crítico de pressão fica no chuveiro do segundo pavimento abastecido por água quente que tem valor de 1,15 m.c.a., valor muito próximo do mínimo (1 m.c.a.) estabelecido pela NBR 5626 (ABNT, 2020). Como medida de segurança e numa possível falta de pressões, tem-se uma bomba de fluxo que pode ser instalada e utilizada, caso necessário. Se, após toda a instalação de água fria e água quente, for constatado que as pressões são suficientes, a bomba de fluxo é extinta do projeto. A bomba de fluxo não está considerada nos cálculos de pressões.

Figura 32 – Localização do aquecedor de passagem e ventilação permanente.



(fonte: do autor, 2023)

7. IPAF E IPAQ: DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE

7.1. EXPLICAÇÃO DOS CÁLCULOS DAS VARIÁVEIS E DO NÍVEL MÍNIMO DE ÁGUA ADOTADO

No projeto foi utilizado um *template* com os produtos da *Tigre* e da *Docol* que existem no mercado, por isso no processo de dimensionamento os diâmetros dos tubos não foram apenas escolhidos atendendo a planilha de cálculos do *Excel*, mas também considerando a existência do produto.

Para realizar o dimensionamento dos tubos, monta-se uma planilha de cálculo com as colunas apresentadas na tabela 3. As colunas em rosa são as que devem ter entrada manual de valores. As colunas em branco são as que serão calculadas automaticamente com base nos dados de entrada. As colunas em verde servem para verificação dos resultados. Cada passo abaixo explicará como se calcula a variável de cada coluna da tabela 3.

1. Identifica-se o trecho a ser analisado. Nesta demonstração será considerado o trecho AB (apresentado na figura 33).
2. Calcula-se o somatório de pesos dos equipamentos hidráulicos para o trecho. No caso deste trecho AB, compreende o pesos de todos os equipamentos hidráulicos, assim $\sum P = 7,5$.
3. Calcula-se a vazão do trecho, dado por $Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P}$ (fórmula 7). Para AB, $Q = 0,3 \cdot \sqrt{7,5} = 0,82 \text{ L/s}$.
4. Escolhe-se o diâmetro nominal do tubo dentre os fornecidos pelo fabricante. Para AB, escolheu-se 50 mm.
5. Busca-se, através de uma lista, qual o diâmetro interno do tubo que corresponde ao diâmetro nominal escolhido no passo 4. Para AB, $D_I = 44 \text{ mm}$.
6. Calcula-se a velocidade da água com base nos dados de vazão e de diâmetro interno do tubo. Para AB, $v = \frac{4Q}{\pi \cdot D_I^2} = 0,54 \text{ m/s}$.
7. Verifica-se se a velocidade da água atende dois limites: a NBR 5626 (ABNT, 2020) recomenda velocidades inferiores a 3 m/s; outra recomendação é que a

velocidade seja inferior a $14 \sqrt{\frac{D_I}{1000}}$, com D_I expresso em mm. Esta verificação é importante para evitar barulho demasiado e danos à tubulação. Se a velocidade estiver dentro dos dois limites, está “OK”. Se não, está “Não OK”. Para AB, fica atendido.

8. Calcula-se a perda de carga linear através da equação de *Fair-Whipple-Hsiao*, $J = 8,69 \cdot 10^5 \frac{Q^{1.75}}{D_I^{4.75}}$ (Fórmula 1), para tubos de água fria. Calcula-se a perda de carga linear através da equação fornecida pelo fabricante *Tigre*, $J = 10,643 \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D_I^{4.87}}$ (Fórmula 2), para tubos de água quente. Para AB, $J = 8,69 \cdot 10^5 \frac{Q^{1.75}}{D_I^{4.75}} = 8,69 \cdot 10^5 \frac{0,82^{1.75}}{44^{4.75}} = 0,010 \text{ m. c. a./m.}$
9. Mede-se a diferença de cotas (Δh) entre os dois pontos do trecho. No caso do trecho AB, a diferença de cotas é de 2,00 m. Os cálculos levaram em conta o nível de água no reservatório como sendo o mínimo, ou seja, na entrada de borda onde se conecta o tubo de distribuição. Realizando os cálculos considerando o nível de água máximo do reservatório, entretanto, não leva a sobrepensões.
10. A pressão disponível (H_{disp}) é a pressão no ponto de início do trecho somada à pressão que a água ganhará pelo desnível geométrico. No caso do trecho AB, é a pressão no ponto A (zero, nesse caso) somada à pressão que a água ganhará percorrendo o caminho AB (2,00 m, nesse caso). Ou seja, $H_{disp} = H_A + \Delta h$.
11. Mede-se os comprimentos das tubulações entre os pontos (l_{real}). Para AB, $l_{real} = 0,36 + 1,94 + 1,43 = 3,73 \text{ m.}$
12. Soma-se os comprimentos equivalentes (l_{eq}) de todas as peças que contribuem para a perda de carga singular. Criou-se uma lista para referenciar o nome das peças aos seus respectivos valores de comprimento equivalente com o formato “DN##NomePeça”. No caso do trecho AB, foram somados: $l_{eq} = \text{DN50EntradaBorda} + 2 \cdot \text{DN50RegistroGaveta} + 2 \cdot \text{DN50Joelho90} = 2,3 + 2 \cdot 0,7 + 2 \cdot 3,2 = 10,1 \text{ m.}$
13. Soma-se os comprimentos real e equivalente. Ou seja, $l_{total} = l_{real} + l_{eq}$. Para AB, $l_{total} = 3,73 + 10,1 = 13,83 \text{ m.}$

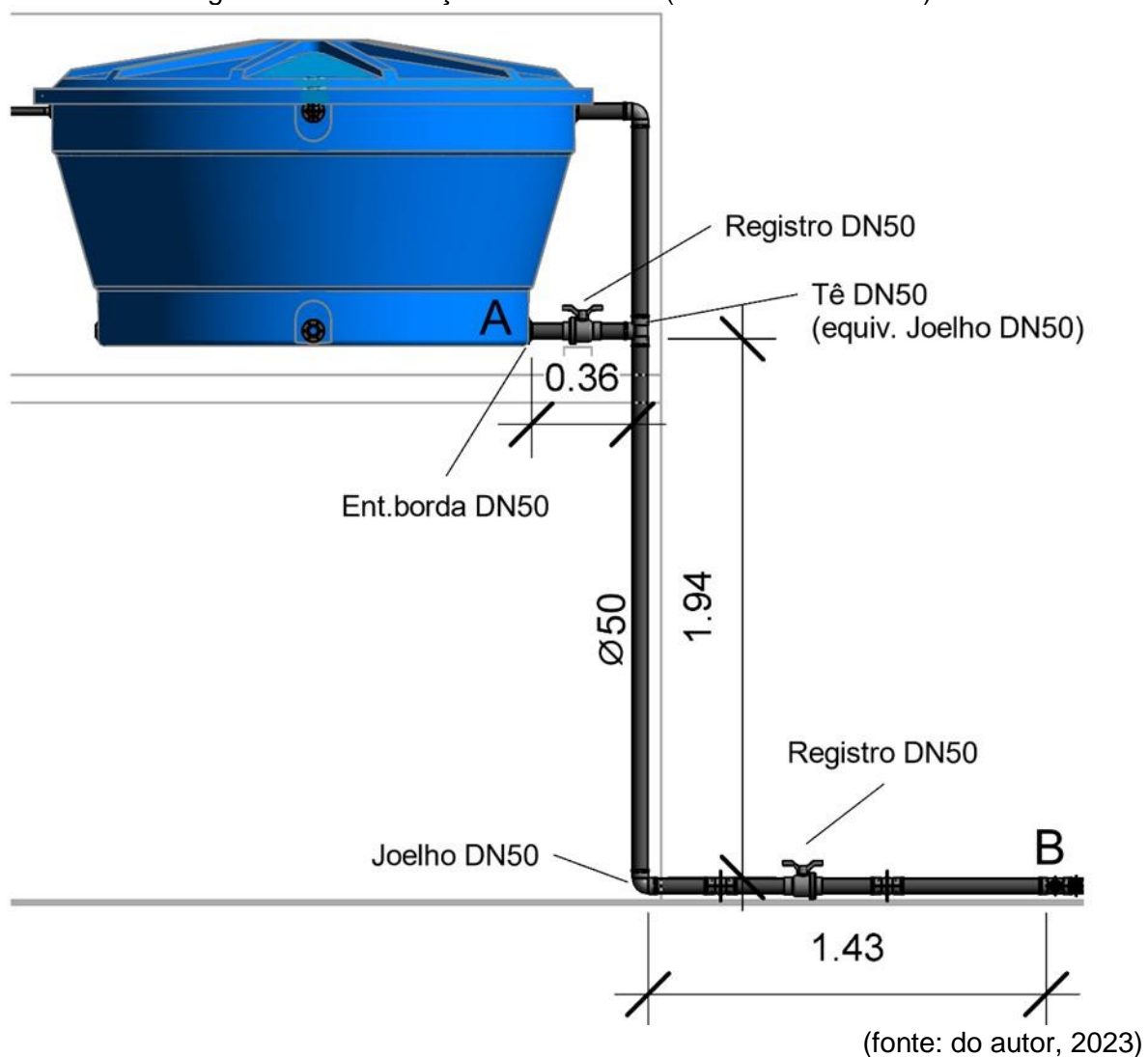
14. Calcula-se a perda de carga do tubo: $h_{pl} = J \cdot l_{real}$. Para AB, $h_{pl} = 0,010 \cdot 3,73 = 0,04 \text{ m. c. a.}$
15. Calcula-se a perda de carga causada pelas singularidades: $h_{ps} = J \cdot l_{eq}$. Para AB, $h_{ps} = 0,010 \cdot 10,1 = 0,10 \text{ m. c. a.}$
16. Soma-se a perda de carga total: $h_p = h_{pl} + h_{ps}$. Para AB, : $h_p = 0,04 + 0,10 = 0,13 \text{ m. c. a.}$
17. Subtrai-se a perda de carga total da pressão disponível: $H_{res} = H_{disp} - h_p$. Para AB, $H_{res} = 2,00 - 0,13 = 1,87 \text{ m. c. a.}$
18. Estabelece-se a pressão mínima (H_{min}) que pode ocorrer. A NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que em qualquer ponto do sistema de distribuição a pressão não pode ser inferior a 0,5 m.c.a. e nos pontos de utilização não pode ser inferior a 1 m.c.a.. Para AB, $H_{min} = 0,5 \text{ m. c. a.}$
19. Verifica-se $H_{res} > H_{min}$. Se sim, OK. Se $H_{res} \leq H_{min}$, Não OK. Para AB, $H_{res} = 1,87 \text{ m. c. a.} > H_{min} = 0,5 \text{ m. c. a.}$, então OK.

Tabela 3 – Demonstração de cálculo da tabela de dimensionamento da tubulação de distribuição

(1)	ΣP	Q	D_N	D_I	v	(7)	J	Δh	H_{disp}	l_{real}	l_{eq}	l_{total}	h_{pl}	h_{ps}	h_p	H_{res}	H_{min}	(19)	
Trecho	Peso	Vazão	Diâmetro nominal	Diâmetro interno	Velocidade	Verificação velocidade	Perda carga linear	Diferença de cotas	Pressão disponível	Comprimento real	Comprimento equivalente	Comprimento total	Perda carga tubo	Perda carga singular	Perda carga total	Pressão residual	Pressão mínima	Verificação pressão mín.	
-	-	L/s	mm	mm	m/s	-	mca/m	m	mca	m	m	m	mca	mca	mca	mca	mca	mca	-
AB	7,5	0,82	50	44,0	0,54	OK	0,010	2,00	2,00	3,73	10,1	13,83	0,04	0,10	0,13	1,87	0,5	OK	

(fonte: do autor, 2023)

Figura 33 – Localização do trecho AB (medidas em metros)



7.2. LOCALIZAÇÃO DA TABELA DE DIMENSIONAMENTO NO DOCUMENTO

A tabela de dimensionamento está no ANEXO 1 no final deste documento.

8. IPAF E IPAQ: ISOMÉTRICOS DE CADA APOSENTO COM TUBULAÇÃO

Para fins de identificação e conferência com a planilha de cálculos, tem-se as figuras 34, 35, 36 e 37 que mostram a localização dos trechos considerados, bem como cotas de altura. As cotas de altura têm como referência os níveis de cada pavimento.

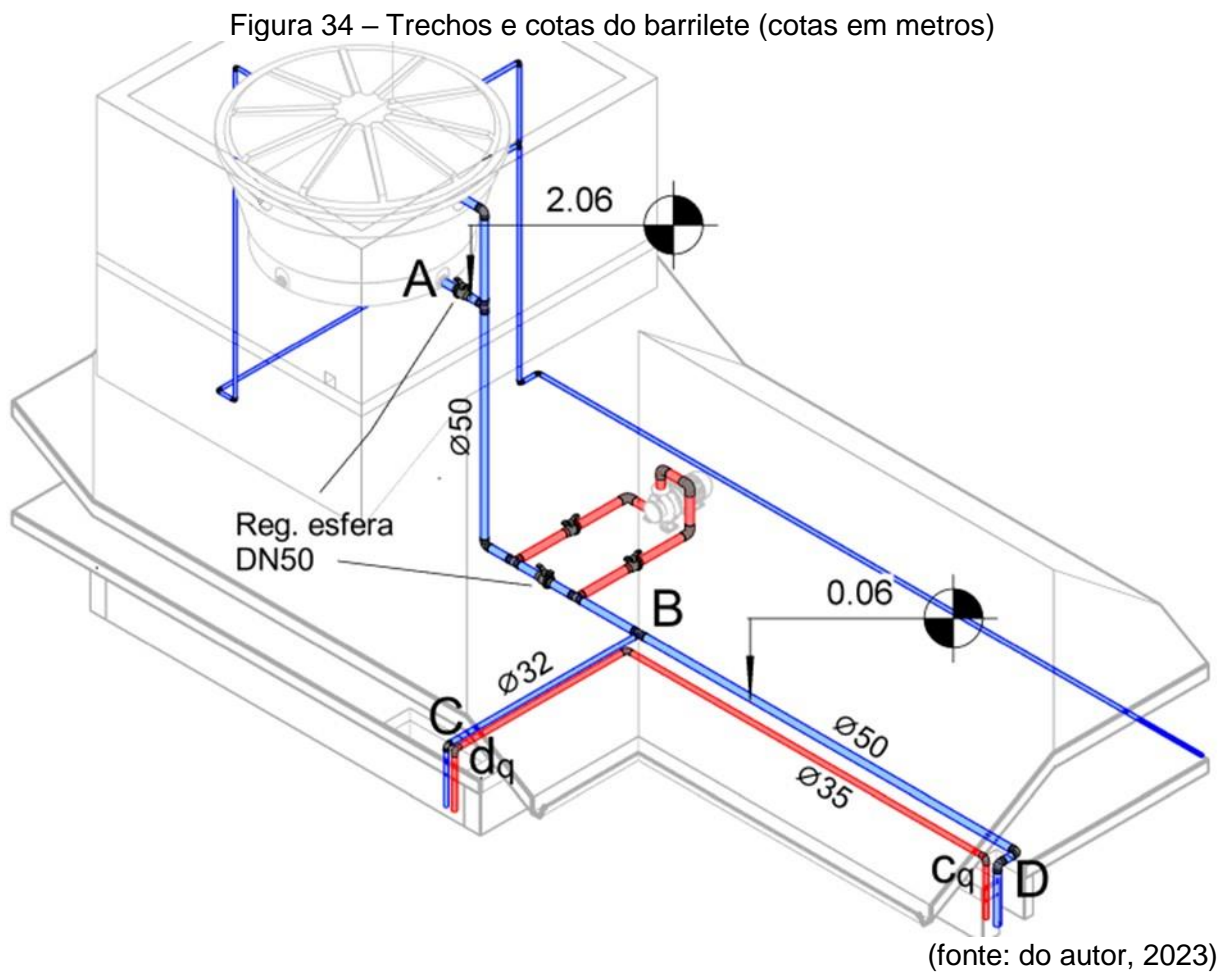
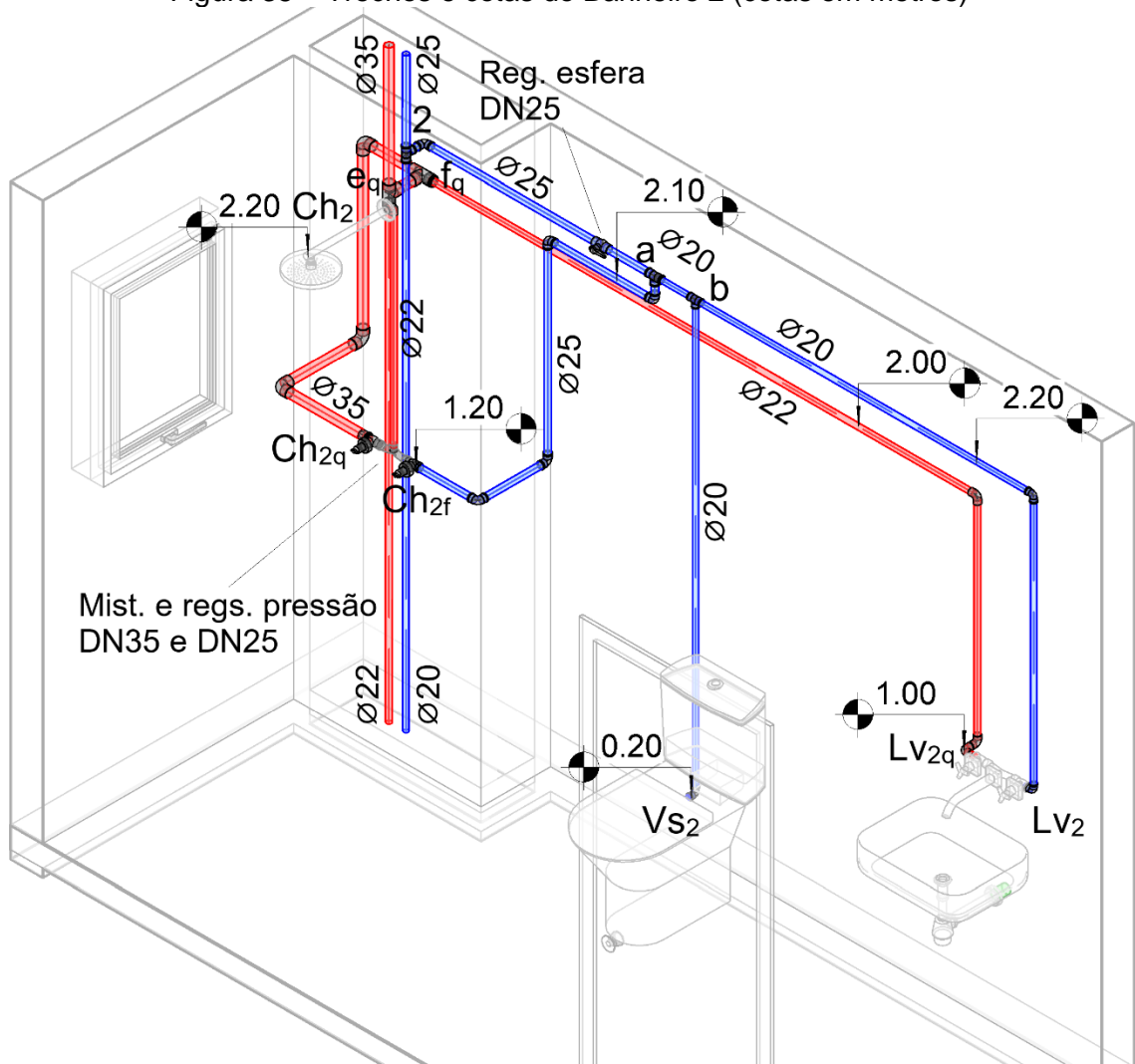


Figura 35 – Trechos e cotas do Banheiro 2 (cotas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

Figura 36 – Trechos e cotas do Banheiro 1 (cotas em metros)

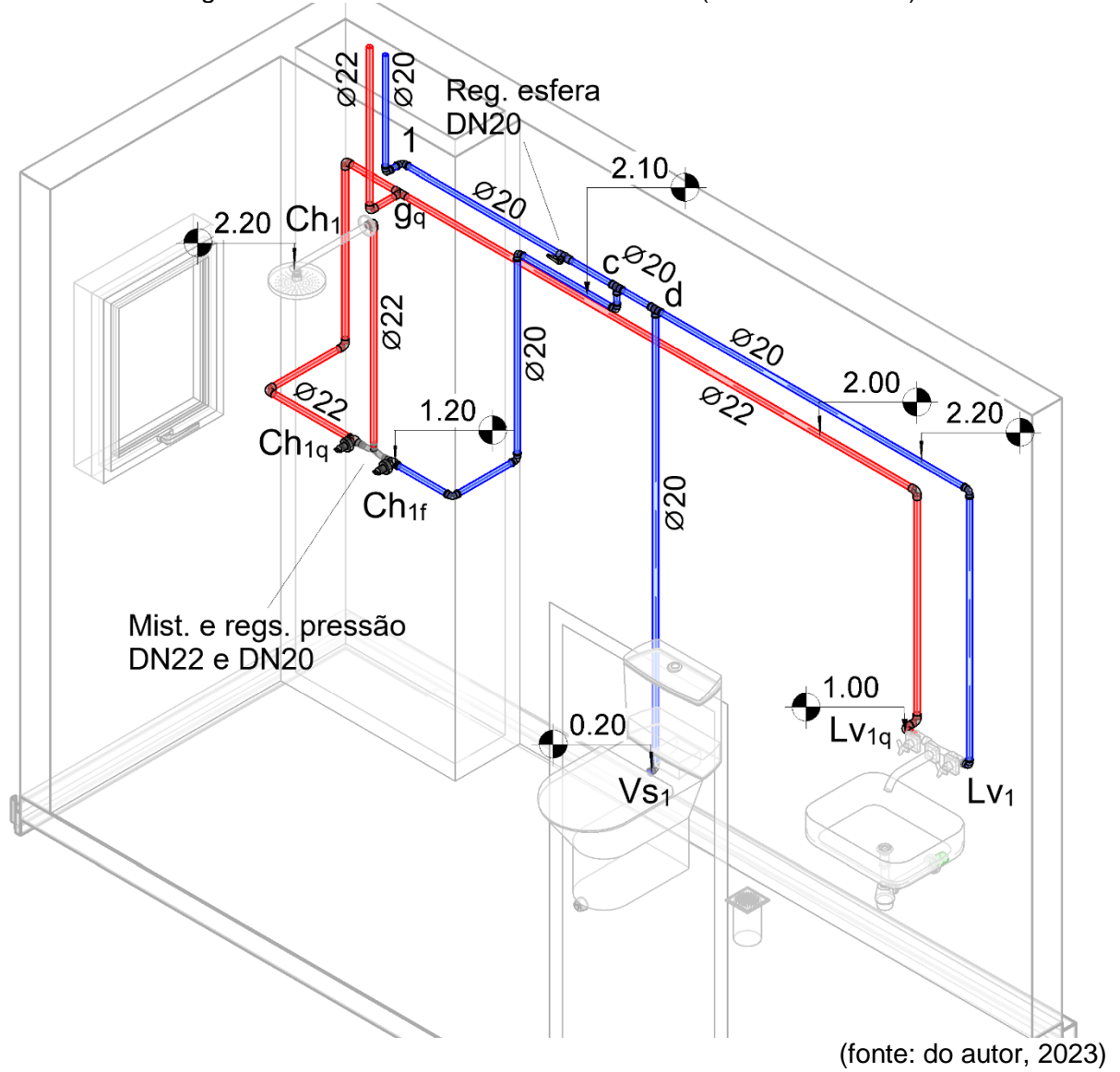
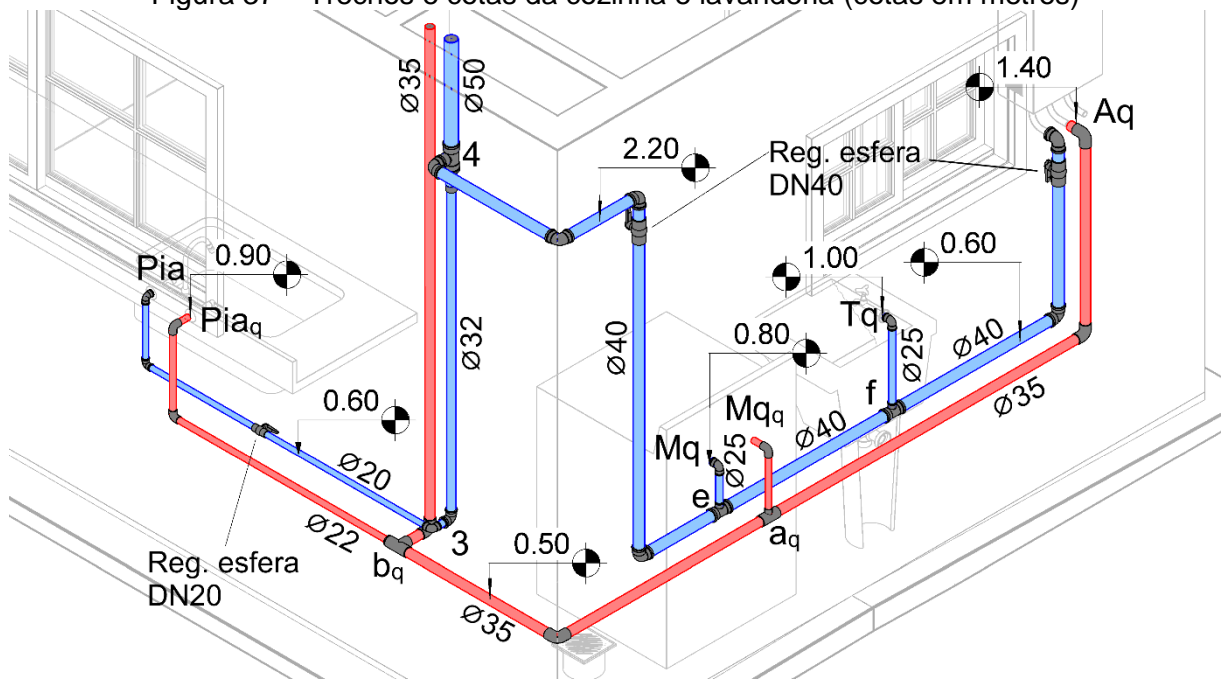


Figura 37 – Trechos e cotas da cozinha e lavanderia (cotas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

9. IPAF E IPAQ: QUANTITATIVOS DE MATERIAL

Tabela 4 – Conexões para água fria

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	6	22066668	© Tigre S/A
Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3	22066765	© Tigre S/A
Bucha de Redução Soldável Curta 40x32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1	22066838	© Tigre S/A
Bucha de Redução Soldável Curta 50x40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1	22066927	© Tigre S/A
Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	26	22150200	© Tigre S/A
Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	16	22150251	© Tigre S/A
Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3	22150324	© Tigre S/A
Joelho 90° Soldável 40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	6	22150405	© Tigre S/A
Joelho 90° Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	4	22150502	© Tigre S/A
Tê de Redução Soldável 40x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	2	22216821	© Tigre S/A
Tê de Redução Soldável 50x32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1	22216910	© Tigre S/A
Tê de Redução Soldável 50x40mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1	22216929	© Tigre S/A
Tê Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3	22200208	© Tigre S/A
Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3	22200259	© Tigre S/A
Tê Soldável 50mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3	22200500	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 5 – Conexões para água quente

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Bucha de Redução Aquatherm® 22x15mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	2	22850300	© Tigre S/A
Bucha de Redução Aquatherm® 35x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	4	22850229	© Tigre S/A
Joelho 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	15	22850954	© Tigre S/A
Joelho 90° Aquatherm® 35mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	10	37420751	© Tigre S/A
Joelho 90° Aquatherm® 54mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	4	37420778	© Tigre S/A
Tê Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	1	22851950	© Tigre S/A
Tê Aquatherm® 35mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	3	37420816	© Tigre S/A
Tê de Redução Aquatherm® 35x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	1	22854577	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 6 – Registros e misturadores para água fria e quente

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Misturador para Chuveiro Docolbase Ceramico(DBC) 1/2 Volta - Soldável - 1/2" x Ø15 - Docol	1	394200	Docol
Misturador para Chuveiro Docolbase Ceramico(DBC) 1/2 Volta - Soldável - 3/4" x Ø22 - Docol	1	394100	Docol
Registro Esfera VS Compacto Soldável 20mm - TIGRE	2	27950302	© Tigre S/A
Registro Esfera VS Compacto Soldável 25mm - TIGRE	1	27950310	© Tigre S/A
Registro Esfera VS Compacto Soldável 40mm - TIGRE	2	27950337	© Tigre S/A
Registro Esfera VS Soldável 20mm - TIGRE	1	27958001	© Tigre S/A
Registro Esfera VS Soldável 25mm - TIGRE	1	27958028	© Tigre S/A
Registro Esfera VS Soldável 50mm - TIGRE	4	27958087	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 7 – Tubos para água fria e quente

Descrição	Material	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)
Tubo Aquatherm	CPVC	22	15,75
Tubo Aquatherm	CPVC	35	17,42
Tubo Aquatherm	CPVC	54	2,61
Tubo Soldável Marrom	PVC	20	43,60
Tubo Soldável Marrom	PVC	25	25,16
Tubo Soldável Marrom	PVC	32	3,51
Tubo Soldável Marrom	PVC	40	5,29
Tubo Soldável Marrom	PVC	50	11,78

(fonte: do autor, 2023)

10. IPES: MATERIAIS UTILIZADOS

10.1. TUBULAÇÕES

As tubulações utilizadas no projeto de esgoto sanitário e ventilação são do fabricante *Tigre*, da linha “PVC – Série Normal”. As características das tubulações estão apresentadas na figura 38.

Figura 38 – Tubos de PVC para esgoto e ventilação

DIMENSÕES (mm)					
Cotas	40	50	75	100	150
B	26	42	48	55	73
D	40	50,7	75,5	101,6	150
e	1,2	1,6	1,7	1,8	2,5
L	3000	3000	3000	3000	3000
Código	11140408	11030505	11030750	11031005	11031536

(fonte: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/ct-esgoto.pdf>, p. 9)

10.2. CONEXÕES

Foram utilizados bucha de redução (figura 39), joelhos de 45° e 90° (figuras 40 e 41), junções (figura 42), luvas (figura 43), reduções (figura 44) e tês (figura 45) do fabricante *Tigre*.

Figura 39 – Bucha de redução IPES



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 46)

Figura 40 – Joelho 45° IPES



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 47)

Figura 41 – Joelho 90° IPES

• Joelho 90° Série Normal



CÓDIGO CB	CÓDIGO SCB	BITOLA (mm)
27560440*	27560407	40
26240514	26240506	50
26241014	26241006	100

(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 47)

Figura 43 – Luvas IPES

• Luva Simples Série Normal



CÓDIGO CB	CÓDIGO SCB	BITOLA (mm)
26300517	26300509	50
26300762	26300754	75
26301017	26301009	100
26301505	-	150

(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 47)

Figura 42 – Junções IPES

• Junção Simples Série Normal




CÓDIGO	BITOLA (mm)
27710409	40 x 40
26276942	50 x 50
26277469	100 x 50

(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 47)

Figura 44 – Reduções IPES

• Redução Excêntrica Série Normal



CÓDIGO	BITOLA (mm)
26357292	75 x 50
26357462	100 x 50
26357470	100 x 75
29587647	150 x 100

(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 48)

Figura 45 – Tês IPES

• Tê Série Normal



CÓDIGO CB	CÓDIGO SCB	BITOLA (mm)
27690416	27690408	40 x 40
26366950	26366941	50 x 50
26367263	-	75 x 50

(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 48)

10.3. CAIXAS E RALOS

Nos banheiros foram utilizados ralos secos (figura 46) para escoar o esgoto gerado no chuveiro. De acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999), todos os aparelhos sanitários devem ser protegidos pelos fechos hídricos de desconectores, neste caso, foram usadas caixas sifonadas de DN 100 mm (figura 47) nos banheiros e DN 150 mm (figura 48) na lavanderia, ambos com prolongadores. Para a coleta de resíduos gordurosos foi utilizada uma caixa de gordura pequena (figura 49), já que é apenas uma cozinha (ABNT NBR 8160, 1999). Nas junções dos subcoletores foram utilizadas caixas de inspeção (figura 50) e prolongadores (figuras 51 e 52) sempre que necessário, assim como recomendado. Todos os produtos são da fabricante *Tigre*.

Figura 46 – Ralo IPES



(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 60)

Figura 48 – Caixa sifonada DN 150



(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 58)

Figura 47 – Caixa sifonada DN 100



(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 58)

Figura 49 – Caixa de gordura



(fonte:

https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 65)

Figura 50 – Caixa de inspeção



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 65)

Figura 51 – Prolongador caixas de inspeção e gordura



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 65)

Figura 52 – Prolongador caixa sifonada



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 61)

11. IPES: DIMENSIONAMENTO DE RAMAIS DE DESCARGA E ESGOTO, TUBOS DE QUEDA, SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL

Todas as junções de ramais de esgoto foram feitas em ângulos de 45°, uniões de ramais de descarga em caixas sifonadas e uniões de tubos na área externa em caixas de inspeção. Qualquer curva horizontal foi feita em ângulo de 45°.

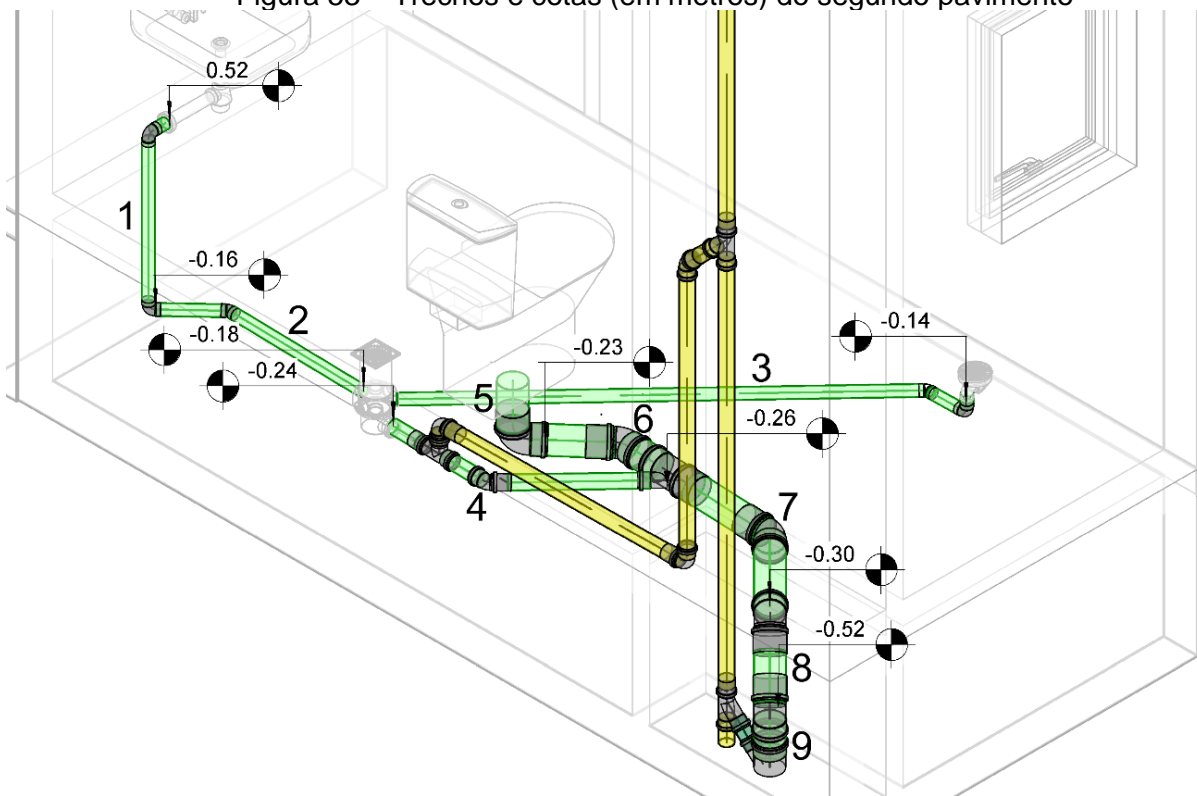
As inclinações para tubos até DN 75 estão entre 2% e 5%. Para tubos de DN 100 estão entre 1% e 5%, conforme NBR 8160 (ABNT, 1999).

Para o dimensionamento das tubulações de esgoto foi utilizado o método das unidades de Hunter de contribuição (UHC). Este método considera que cada aparelho sanitário contribui com unidades Hunter distintas. A NBR 8160 (ABNT, 1999) disponibiliza tabelas para determinação dos diâmetros e UHC dos ramais de descarga em função do tipo de aparelho sanitário. Para ramais de esgoto e tubos de queda, os diâmetros são determinados pelo somatório de UHC dos aparelhos que contribuem ao trecho. Para subcoletores e coletor predial, os diâmetros dependem também do somatório das UHC (neste caso quando o esgoto é de banheiro apenas as UHC do vaso são consideradas) e declividades dos tubos.

Nas figuras, as cotas de altura têm como referência os níveis de cada pavimento, já as profundidades se referem ao nível do terreno no local medido. Os tubos de esgoto estão representados em verde e os tubos de ventilação estão em amarelo.

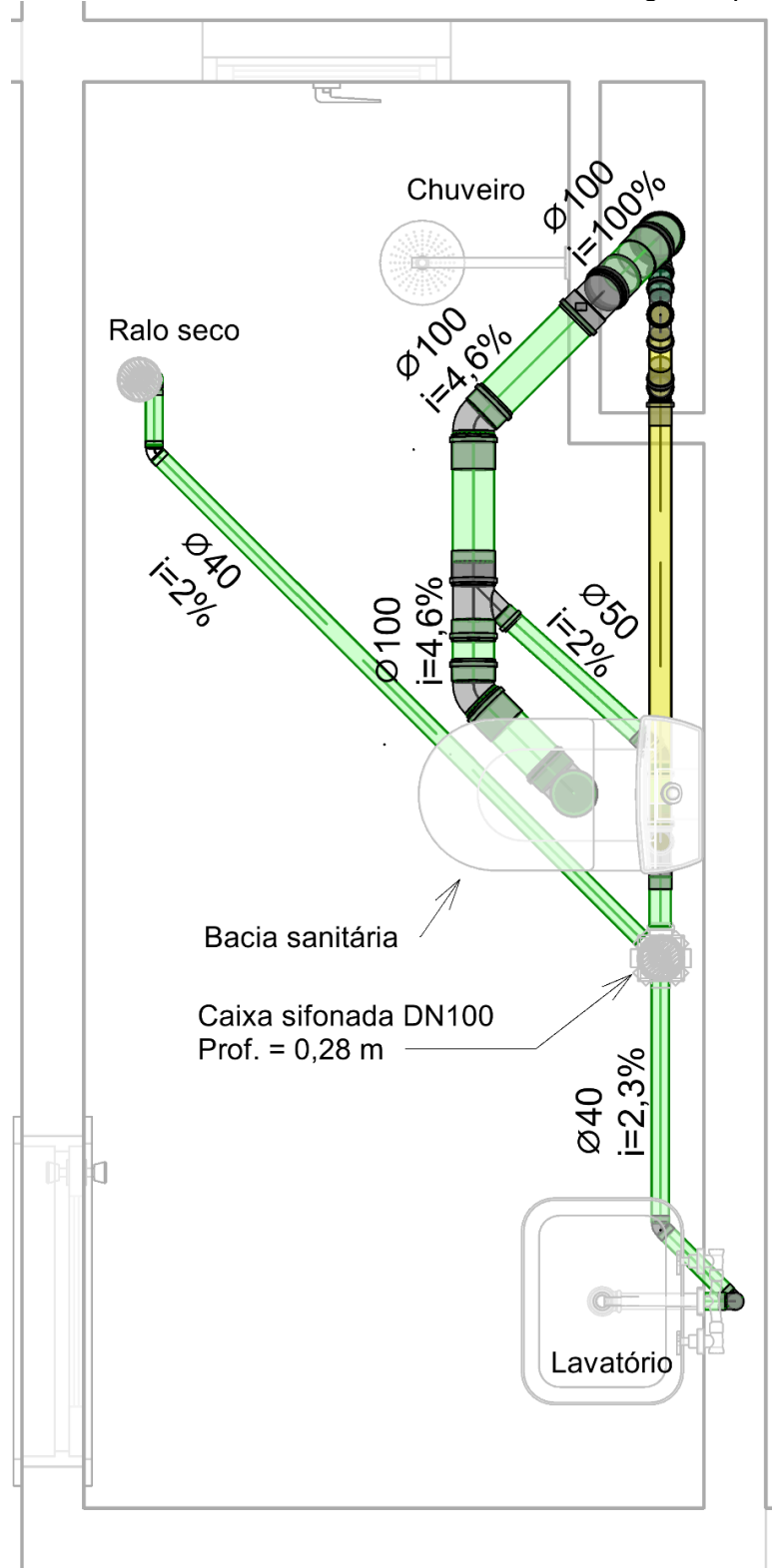
A figura 53 mostra a localização dos trechos e cotas dos tubos de esgoto do segundo pavimento, a figura 54 mostra os diâmetros e declividades calculados e a tabela 8 mostra como as medidas foram determinadas.

Figura 53 – Trechos e cotas (em metros) do segundo pavimento



(fonte: do autor, 2023)

Figura 54 – Planta com diâmetros e declividades do segundo pavimento



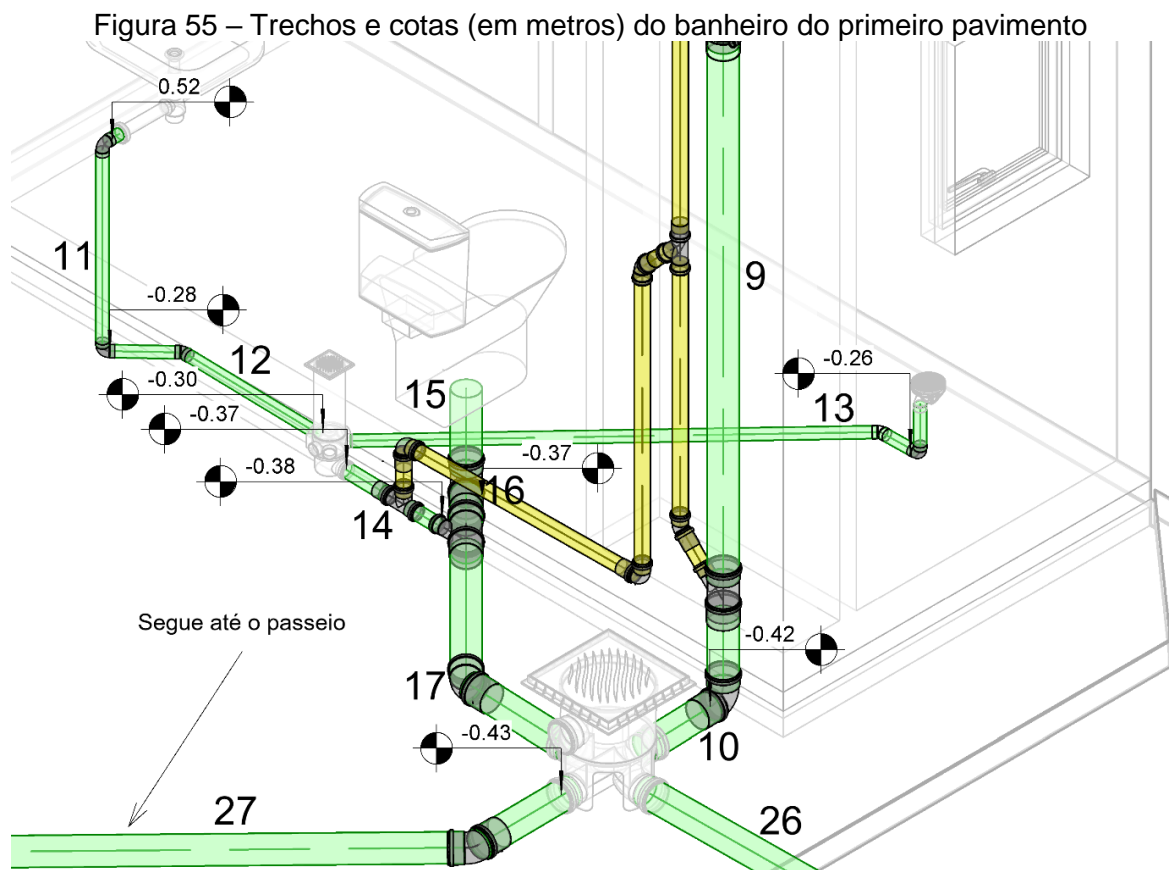
(fonte: do autor, 2023)

Tabela 8 – Determinação dos diâmetros e declividades dos tubos no segundo pavimento

Trecho	UHC	Diâmetro Nominal (mm)	Declividade (%)	Descrição
1	1	40	∞	Ramal de descarga
2	1	40	2,3	Ramal de descarga
3	2	40	2	Ramal de descarga
4	3	50	2	Ramal de esgoto
5	6	100	∞	Ramal de descarga
6	6	100	4,6	Ramal de descarga
7	9	100	4,6	Ramal de esgoto
8	9	100	100	Ramal de esgoto
9	9	100	∞	Tubo de queda

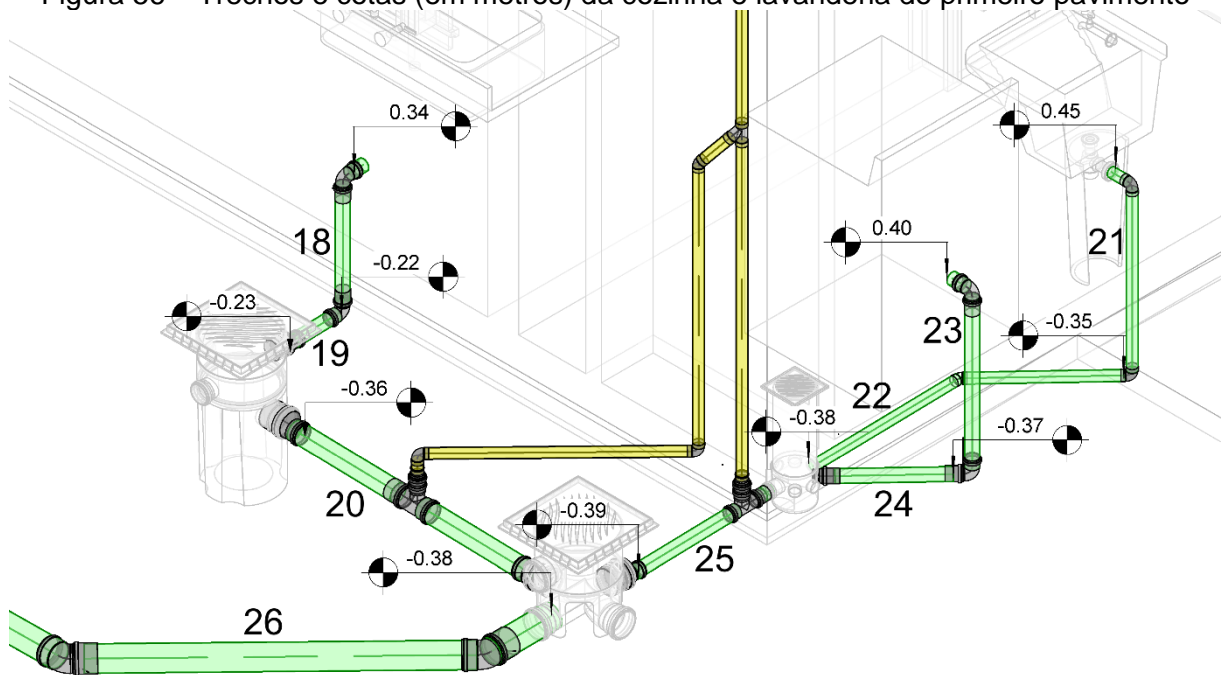
(fonte: do autor, 2023)

As figuras 55 e 56 mostram a localização dos trechos e cotas dos tubos de esgoto do primeiro pavimento, a figura 57 mostra os diâmetros e declividades calculados e a tabela 9 mostra como as medidas foram determinadas.



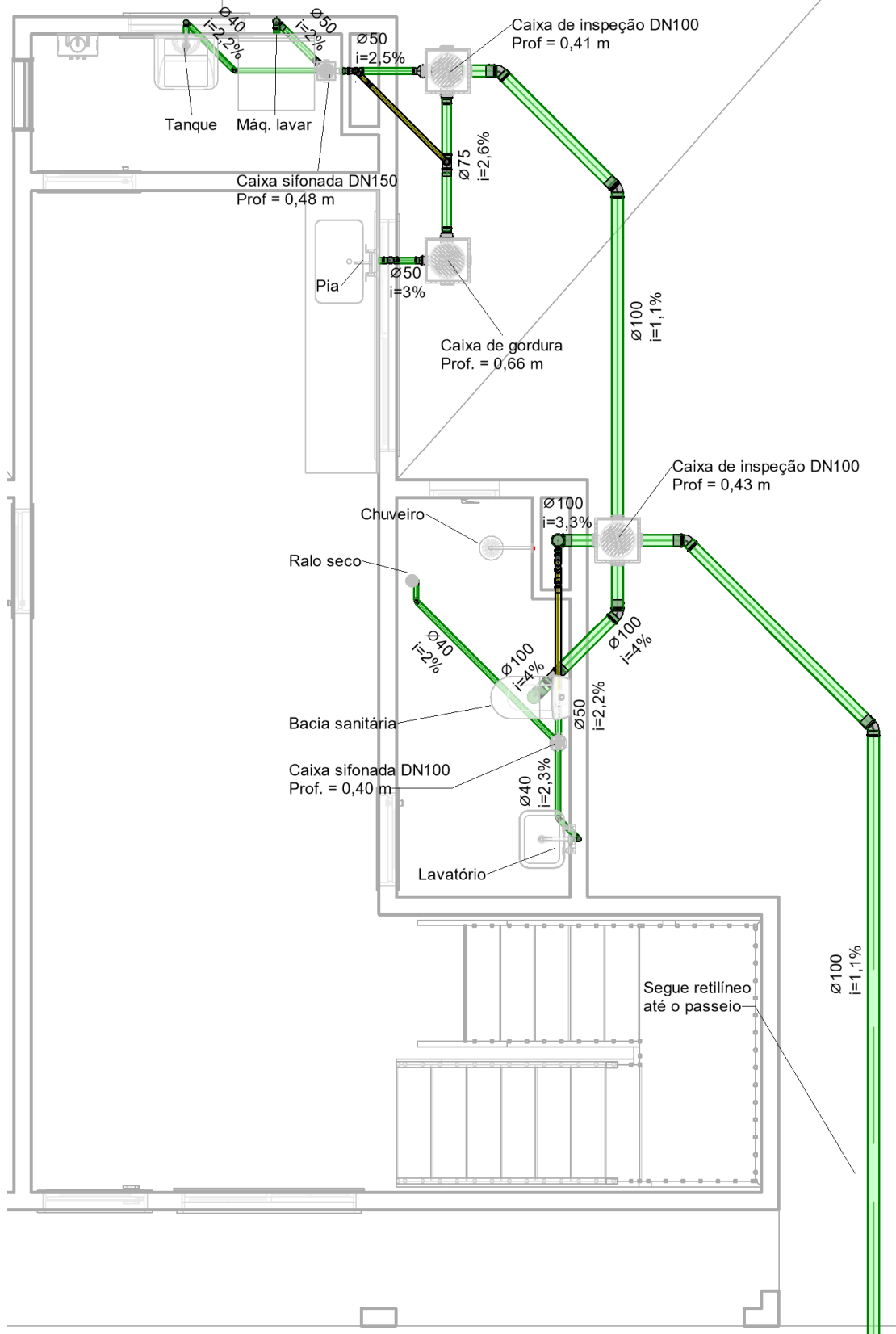
(fonte: do autor, 2023)

Figura 56 – Trechos e cotas (em metros) da cozinha e lavanderia do primeiro pavimento



(fonte: do autor, 2023)

Figura 57 – Planta com diâmetros e declividades do primeiro pavimento



(fonte: do autor, 2023)

Tabela 9 – Determinação dos diâmetros e declividades dos tubos no primeiro pavimento

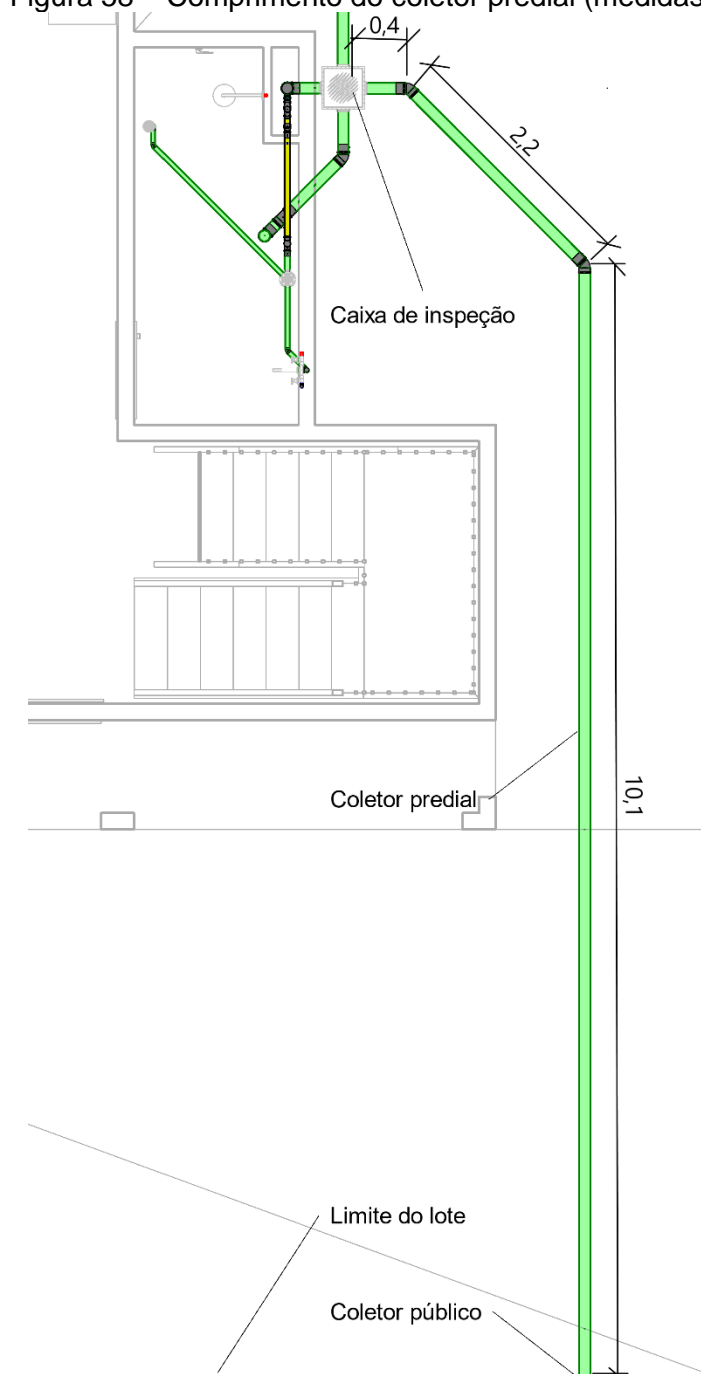
Trecho	UHC	Diâmetro Nominal (mm)	Declividade (%)	Descrição
9	9	100	∞	Tubo de queda
10	6	100	3,3	Subcoletor
11	1	40	∞	Ramal de descarga
12	1	40	2,3	Ramal de descarga
13	2	40	2	Ramal de descarga
14	3	50	2,2	Ramal de esgoto
15	6	100	∞	Ramal de descarga
16	6	100	4	Ramal de descarga
17	6	100	4	Subcoletor
18	3	50	∞	Ramal de descarga
19	3	50	3	Ramal de descarga
20	3	75	2,6	Ramal de esgoto
21	3	40	∞	Ramal de descarga
22	3	40	2,2	Ramal de descarga
23	3	50	∞	Ramal de descarga
24	3	50	2	Ramal de descarga
25	6	50	2,5	Ramal de esgoto
26	9	100	1,1	Subcoletor
27	21	100	1,1	Coletor predial

(fonte: do autor, 2023)

12. IPES: ATENDIMENTO À CRITÉRIOS DA NBR 8160 (ABNT, 1999)

Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), o coletor predial pode ter comprimento máximo de 15 m até a primeira caixa de inspeção. A figura 58 mostra que o coletor predial tem 12,7 m, ficando assim dentro do limite estabelecido.

Figura 58 – Comprimento do coletor predial (medidas em metros)



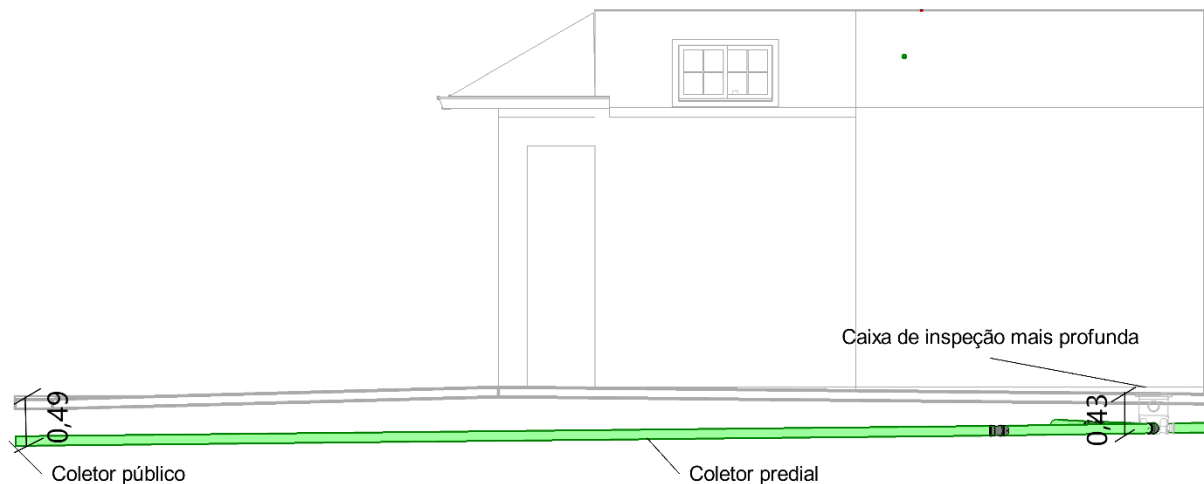
(fonte: do autor, 2023)

Ainda segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), a profundidade máxima das caixas de inspeção é 1,00 m. A caixa mais profunda desse projeto é a última do traçado e fica enterrada numa profundidade de 0,43 m (figura 59) atendendo a norma.

De acordo com o Decreto 9369/88 – DMAE, a profundidade máxima que a rede de esgoto deve chegar ao passeio é 1,00 m. Pela figura 59, observa-se que a profundidade final do tubo no passeio é 0,49 m e atende ao decreto.

Essas profundidades consideram o nível do terreno no local e não o nível 1 usado nos cálculos do projeto.

Figura 59 – Profundidades da caixa de inspeção e ligação com coletor público (medidas em metros)



(fonte: do autor, 2023)

13. IPES: DIMENSIONAMENTO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Assim como no dimensionamento do esgoto sanitário optou-se pelo método UHC para encontrar o tamanho dos tubos de ventilação. Nas figuras, os tubos de esgoto estão representados em verde e os tubos de ventilação estão em amarelo.

13.1. RAMAIS DE VENTILAÇÃO

13.1.1. Diâmetro e inclinação

Para o dimensionamento dos ramais de ventilação leva-se em conta a presença de bacia sanitária e número de UHC que contribuem para o trecho ventilado. A NBR 8160 (ABNT, 1999) disponibiliza uma tabela para determinação dos diâmetros.

No caso dos banheiros (figuras 60 e 61), ambos possuem bacia sanitária e o trecho ventilado pelo ramal de ventilação tem 3 UHC. Pela tabela da NBR 8160 (ABNT, 1999), o diâmetro nominal escolhido é 50 mm, que suporta até 17 UHC. A inclinação do tubo é a mínima, 1%.

Já no caso da cozinha (figura 62), não há bacia sanitária e o trecho ventilado pelo ramal de ventilação também tem 3 UHC. Pela tabela da NBR 8160 (ABNT, 1999), o diâmetro nominal escolhido é 40 mm, que suporta até 12 UHC. A inclinação do tubo é a mínima, 1%.

13.1.2. Ligações

A distância entre os dispositivos com fecho hídrico (caixas sifonadas nos banheiros, caixa de gordura na cozinha) e as conexões dos ramais de ventilação com os ramais de esgoto deve ser maior do que duas vezes o diâmetro nominal do ramal de esgoto. Essa distância também não pode ser maior do que determinado valor presente em tabela da NBR 8160 (ABNT, 1999).

Em ambos os banheiros, o ramal de esgoto tem 50 mm. Assim a distância mínima da ligação é duas vezes o diâmetro, ou 0,10 m. A distância máxima é dada por tabela da norma e tem valor de 1,20 m. As figuras 60 e 61 mostram a distância estabelecida (0,28 m e 0,33 m) e atendem aos critérios da norma.

Figura 61 – Ramal de ventilação do banheiro do primeiro pavimento

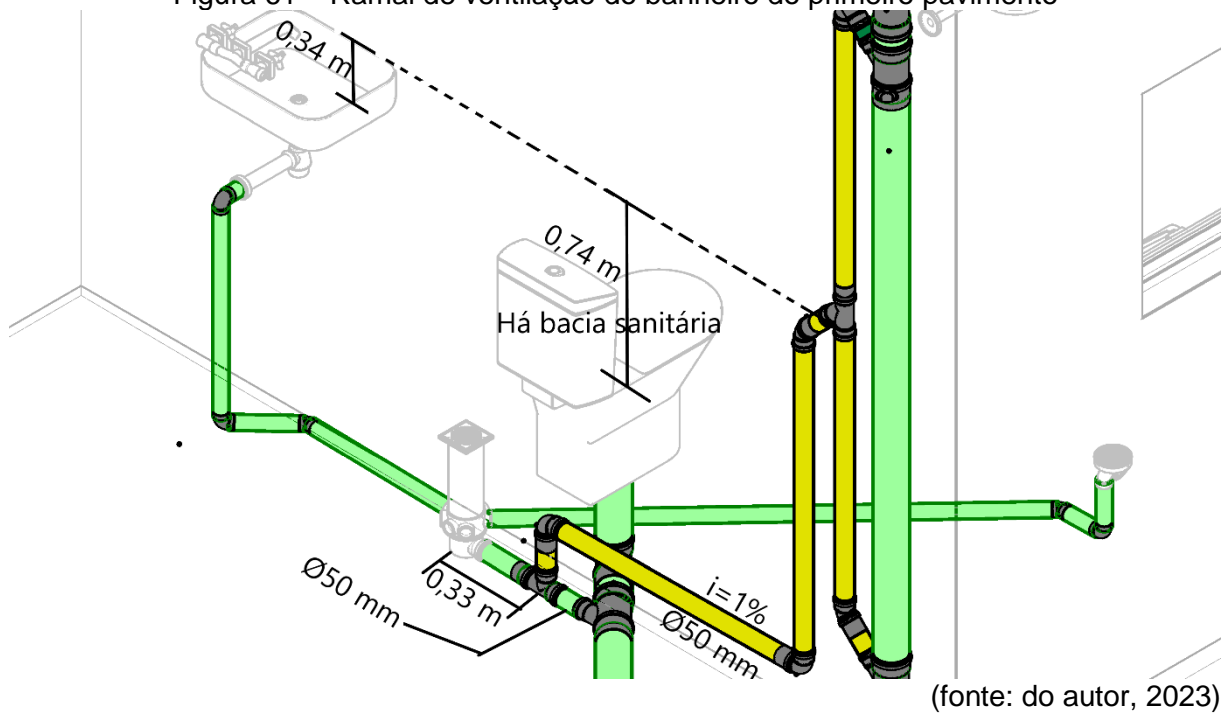
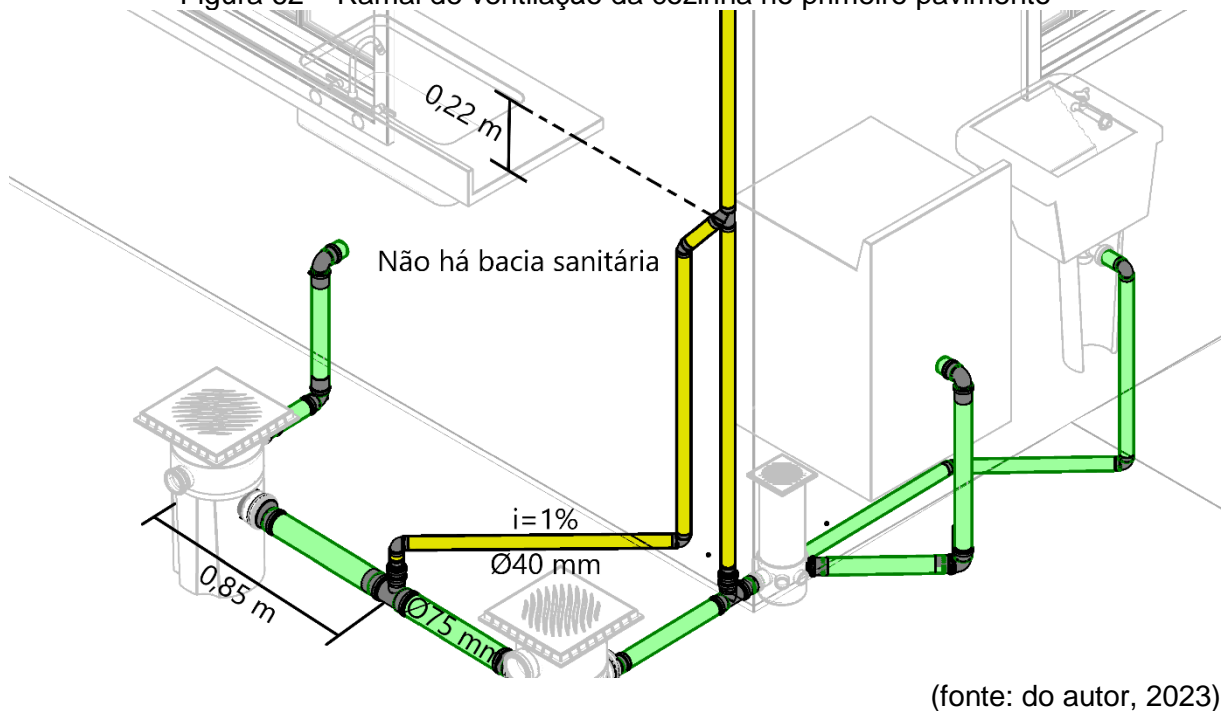


Figura 62 – Ramal de ventilação da cozinha no primeiro pavimento



13.2. COLUNAS DE VENTILAÇÃO

As colunas de ventilação devem ser estendidas até acima do telhado com abertura para entrada de ar atmosférico e possibilitando também eliminação dos maus odores provindos da canalização de esgoto. De acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999), para

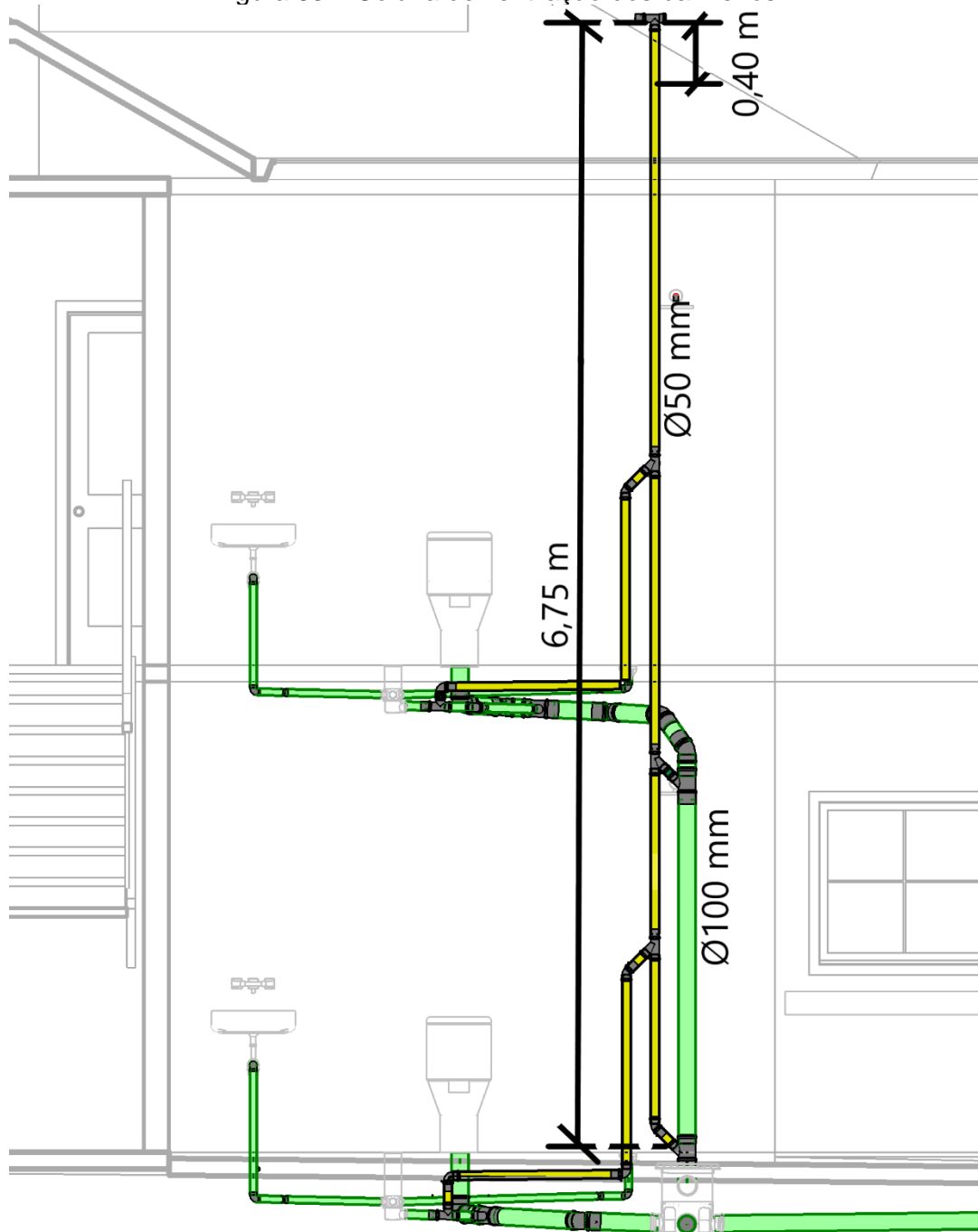
este caso, a altura do cano acima de telhado deve ser no mínimo de 0,30 m. As figuras 63 e 64 mostram o atendimento da norma. Na ponta da coluna é inserido um tê para evitar entrada de água da chuva, sujeira e objetos estranhos.

O dimensionamento da coluna de ventilação pode ser obtido por tabela da NBR 8160 (ABNT, 1999). Ele depende do maior tubo de esgoto que está sendo ventilado por ela, das UHC e do comprimento da coluna de ventilação.

A coluna dos banheiros ventila um tubo de queda de 100 mm e tem um total de 18 UHC. Pela tabela da norma, o menor diâmetro possível para esse caso é 50 mm com comprimento máximo de 11 m de tubo. A figura 63 mostra que a coluna tem 6,75 m e atende à norma.

A coluna da cozinha e lavanderia ventila um ramal de 75 mm e tem um total de 9 UHC. Pela tabela da norma, o menor diâmetro possível para esse caso é 40 mm com comprimento máximo de 13 m de tubo. A figura 64 mostra que a coluna tem 7,13 m e atende à norma.

Figura 63 – Coluna de ventilação dos banheiros



(fonte: do autor, 2023)

Figura 64 – Coluna de ventilação da cozinha e lavanderia



(fonte: do autor, 2023)

14. IPES: QUANTITATIVOS DE MATERIAL

Tabela 10 – Conexões para esgoto

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Bucha de Redução Longa 50x40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	3	27396925	© Tigre S/A
Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	6	27550401	© Tigre S/A
Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4	26210500	© Tigre S/A
Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	9	26211000	© Tigre S/A
Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	10	27560407	© Tigre S/A
Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	8	26240506	© Tigre S/A
Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	3	26241006	© Tigre S/A
Junção Simples 40 x 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1	27710409	© Tigre S/A
Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	3	26276942	© Tigre S/A
Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4	26277469	© Tigre S/A
Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	22	26300509	© Tigre S/A
Luva Simples 75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	2	26300754	© Tigre S/A
Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	19	26301009	© Tigre S/A
Redução Excêntrica 75x50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1	26357292	© Tigre S/A
Redução Excêntrica 100x50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1	26357462	© Tigre S/A
Redução Excêntrica 100x75mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	2	26357470	© Tigre S/A
Tê 40 x 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1	27690408	© Tigre S/A
Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4	26366941	© Tigre S/A
Tê 75 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1	26367263	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 11 – Caixas e ralos para esgoto

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Caixa de Gordura 100x75x50mm, Esgoto - TIGRE	1	100019323	© Tigre S/A
Caixa de Inspeção/Interligação - DN 100, Esgoto - TIGRE	2	27801056	© Tigre S/A
Caixa Sifonada Montada com Grelha e Porta Grelha Quadrados Brancos 150 x 150 x 50mm, Esgoto - TIGRE	1	27068502	© Tigre S/A
Corpo Caixa Sifonada Girafácil (5 Entradas), 100 x 140 x 50mm, Esgoto - TIGRE	2	27150250	© Tigre S/A
Prolongador com entrada DN300, Esgoto - TIGRE	3	27801501	© Tigre S/A
Prolongamento p/ Caixa Sifonada 100 x 200mm, Esgoto - TIGRE	2	27307507	© Tigre S/A
Prolongamento p/ Caixa Sifonada 150 x 200mm, Esgoto - TIGRE	1	27308201	© Tigre S/A
Ralo com Saída Articulada - Porta-grelha e grelha redondos brancos 100 x 40mm, Esgoto - TIGRE	2	27279210	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 12 – Tubos para esgoto

Descrição	Material	Diâmetro (mm)	Comprimento total (m)
Tubo Série Normal	PVC	40	18,18
Tubo Série Normal	PVC	50	14,79
Tubo Série Normal	PVC	75	1,01
Tubo Série Normal	PVC	100	22,86

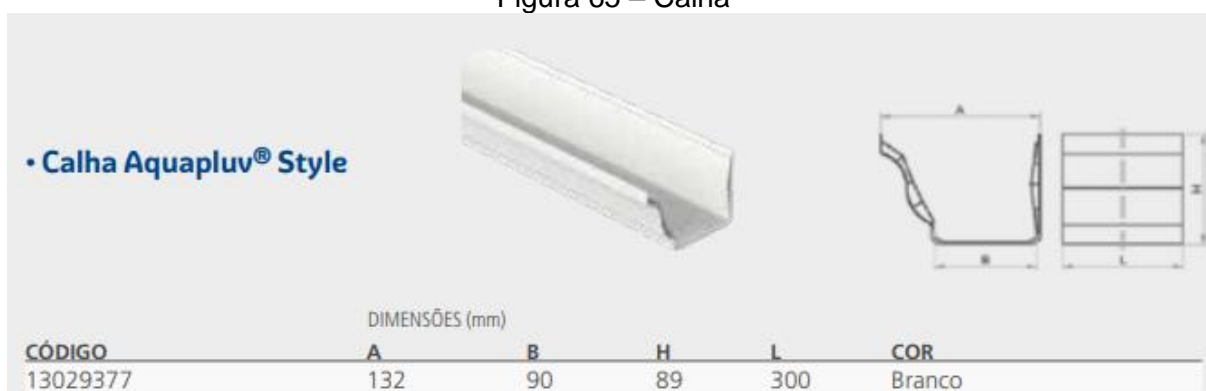
(fonte: do autor, 2023)

15. IPAP: MATERIAIS UTILIZADOS

Para os condutores horizontais (tubos enterrados) foram utilizadas tubulações da linha “PVC – Série Normal” com diâmetros de 100 mm e 150 mm, mesmos tubos utilizados no IPES (figura 38). Também da linha de esgoto foram utilizadas luvas (figura 43) e reduções (figura 44).

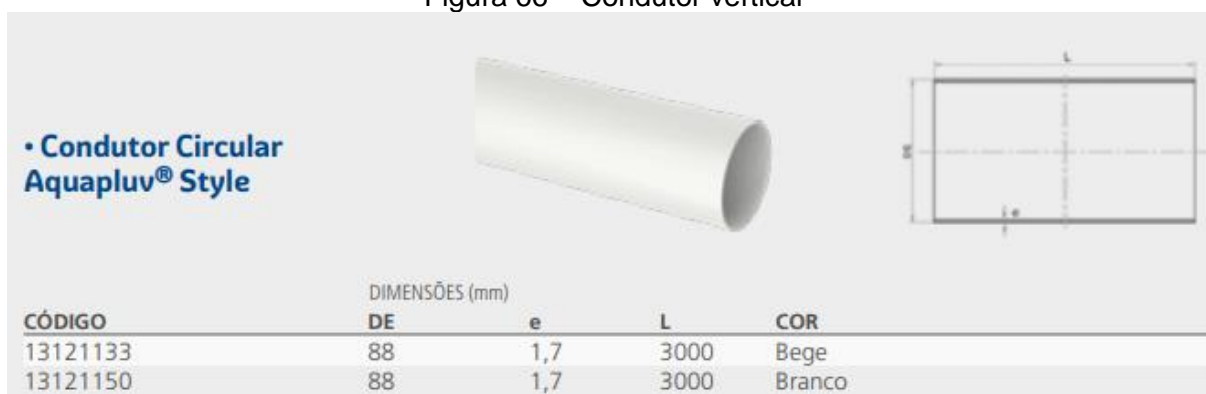
As calhas (figura 65), condutores verticais (figura 66), esquadros (figuras 67 e 68), bocais (figuras 69 e 70), joelhos (figuras 71 e 72) e caixas de areia (figura 73) são todos da fabricante *Tigre*.

Figura 65 – Calha



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf, p. 14)

Figura 66 – Conductor vertical



(fonte: https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf, p. 14)

Figura 67 – Esquadro externo



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 69)

Figura 70 – Bocal circular direito



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 68)

Figura 68 – Esquadro interno



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 69)

Figura 71 – Joelho circular



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 70)

Figura 69 – Bocal circular



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 68)

Figura 72 – Joelho de transição



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 70)

Figura 73 – Caixa de areia



(fonte:
https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf, p. 81)

16. IPAP: CÁLCULO DAS VAZÕES DE PROJETO

Para poder dimensionar calhas e condutores de água pluvial, a NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece o cálculo das vazões de projeto, dada pela fórmula 8:

$$Q_p = \frac{I \cdot A}{60} \quad (\text{Fórmula 8})$$

Onde:

Q_p = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade da chuva, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

A intensidade da chuva é um fator que depende do tempo de retorno (período de tempo em que a chuva demora para acontecer novamente desde a última aparição) e do período de duração dessa chuva. Dependendo do local em que está localizada a casa, existem fórmulas na bibliografia determinadas a partir de dados pluviométricos e que podem ser usadas para se determinar a intensidade de chuva. Entretanto, a NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece que para construções de até 100 m² de área de projeção horizontal pode-se adotar uma intensidade de 150 mm/h. A casa, incluindo projeções de beiral de telhado, tem área projetada de 99,24 m², assim adotou-se o valor da norma.

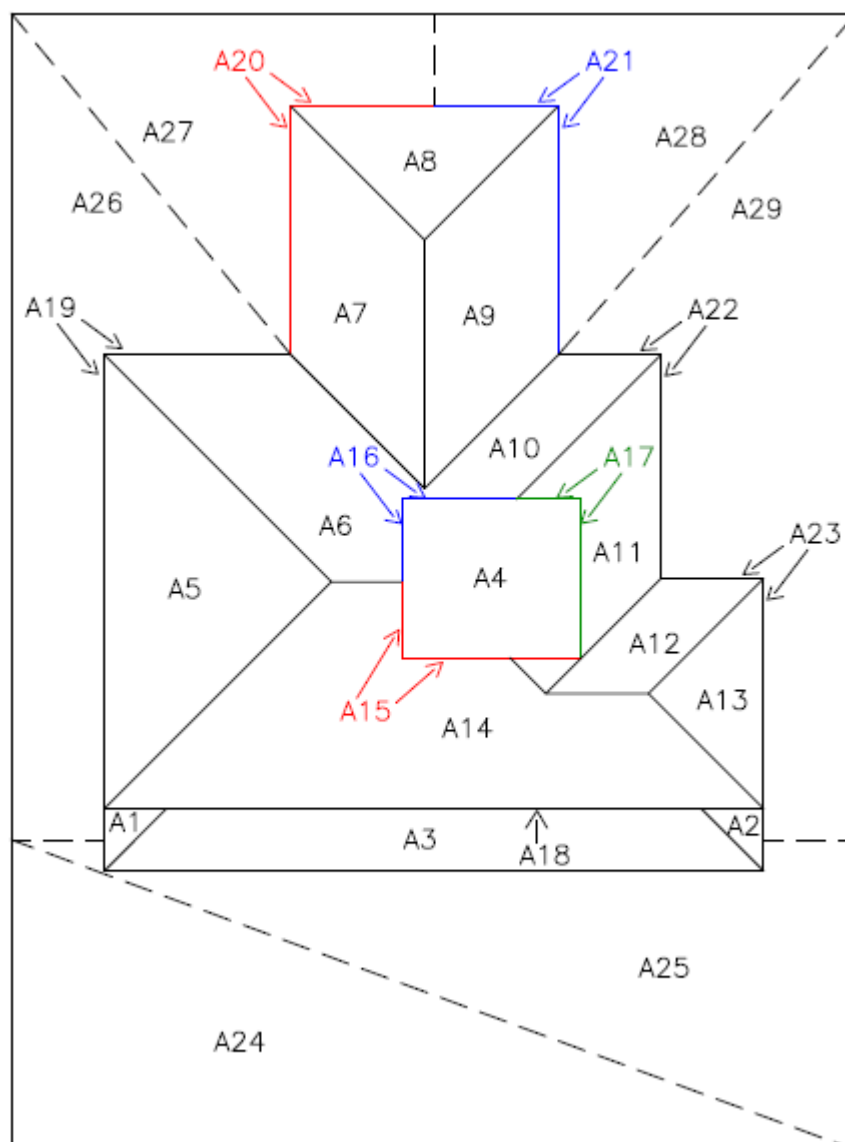
16.1. ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

Para o cálculo das áreas de contribuição do telhado, deve-se considerar a inclinação do mesmo (neste caso 30°) devido ação dos ventos. As paredes, mesmo sendo verticais, também contribuem com captação de água da chuva por causa dos ventos. A NBR 10844 (ABNT, 1989) disponibiliza fórmulas pré-estabelecidas para o cálculo das áreas.

O terreno, para melhor escoar a água até os ralos, foi dividido em lajes inclinadas (inclinações variando de 1% a 2,72%). Para fins de cálculos, como as inclinações são muito pequenas e afetam pouco nos cálculos das vazões de projeto, o terreno foi considerado como sendo lajes horizontais.

A figura 74 mostra as áreas de contribuição. A área A4 desagua na área A11 por uma saída na parede. As áreas indicadas por flechas se referem às contribuições das paredes (algumas estão sinalizadas com linhas coloridas para distinguir planos). As linhas pontilhadas são as divisões do terreno em planos diferentes com objetivo de direcionar a água até os ralos das caixas de areia. As áreas que vão do A1 até A18 contribuem com vazões nas calhas. As áreas que vão do A19 até A29 contribuem com vazões nos ralos do terreno.

Figura 74 – Identificação das áreas de contribuição



(fonte: do autor, 2023)

A tabela 13 mostra as áreas calculadas referente à figura 74. As áreas projetadas se referem às áreas vistas em planta ou em corte (caso das paredes). As áreas de contribuição são as áreas afetadas pelo vento e/ou inclinação do telhado.

Tabela 13 – Áreas de contribuição

	Áreas	Área projetada (m ²)	Área de contribuição (ação do vento, m ²)
CALHAS	A1	1,13	1,30
	A2	1,13	1,30
	A3	13,65	15,76
	A4	7,27	7,27
	A5	13,32	15,38
	A6	9,35	10,80
	A7	8,60	9,93
	A8	4,62	5,33
	A9	8,60	9,93
	A10	3,82	4,41
	A11	5,55	6,41
	A12	3,05	3,52
	A13	3,42	3,95
	A14	21,03	24,28
	A15	6,77	2,70
	A16	5,00	1,83
	A17	8,02	3,15
	A18	18,99	9,50
RALOS	A19	53,94	20,24
	A20	33,64	12,72
	A21	31,90	12,39
	A22	30,45	11,48
	A23	25,23	9,18
	A24	34,00	34,00
	A25	34,00	34,00
	A26	24,08	24,08
	A27	15,83	15,83
	A28	16,20	16,20
	A29	30,84	30,84

(fonte: do autor, 2023)

16.2. VAZÕES DE PROJETO

As vazões de projeto são usadas para dimensionar a instalação pluvial e são calculadas pela fórmula 8. Usando intensidade da chuva igual a 150 mm/h e os dados de área da tabela 13, obtêm-se as vazões de projeto (tabela 14).

Tabela 14 – Vazões de projeto por área de contribuição

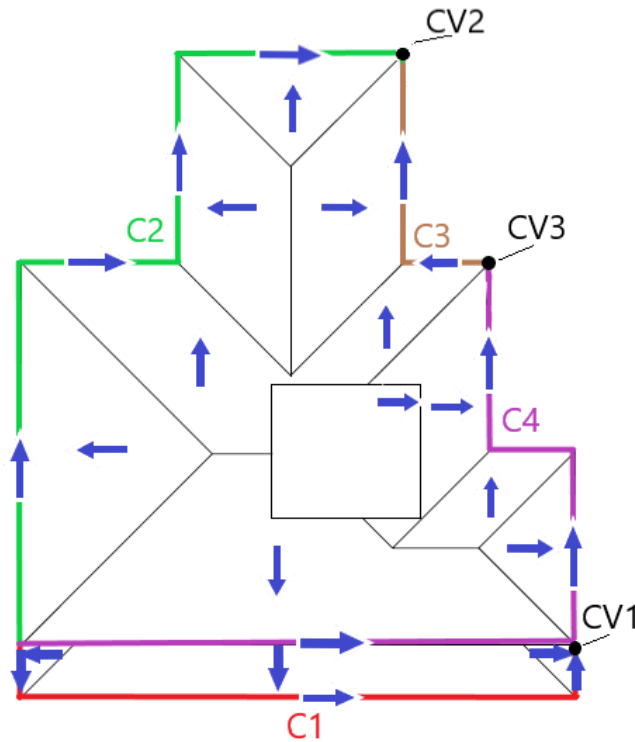
	Áreas	Vazão de projeto (L/min)
CALHAS	A1	3,25
	A2	3,25
	A3	39,40
	A4	18,17
	A5	38,46
	A6	26,99
	A7	24,83
	A8	13,34
	A9	24,83
	A10	11,03
	A11	16,02
	A12	8,80
	A13	9,87
	A14	60,71
	A15	6,75
	A16	4,58
	A17	7,87
	A18	23,74
RALOS	A19	50,59
	A20	31,80
	A21	30,97
	A22	28,71
	A23	22,94
	A24	85,00
	A25	85,00
	A26	60,20
	A27	39,58
	A28	40,50
	A29	77,10

(fonte: do autor, 2023)

17. IPAP: DIMENSIONAMENTO CALHAS

Para dimensionar as calhas, determina-se as áreas de contribuição, e por consequência as vazões de projeto, que contribuem para cada trecho de calha. A área A16 foi considerada para a calha C2 e C3 por questão da direção do vento. No projeto são considerados quatro trechos. A tabela 15 e a figura 75 mostram os trechos e suas contribuições.

Figura 75 – Identificação das calhas e condutores verticais (flechas azuis indicam sentido da água no telhado e nas calhas).



(fonte: do autor, 2023)

As vazões das calhas, de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), devem ser multiplicadas por um coeficiente a depender da distância existente entre a saída da calha e a curva (figura 76). A tabela 15 mostra os coeficientes considerados.

Tabela 15 – Vazões de projeto nas calhas

Calha	Áreas de contribuição	Vazão proj. (L/min)	Coef. curva à saída	Vazão proj. calha (L/min)
C1	A1 à A3 e A18	69,64	1,2	83,57
C2	A5 à A8 e A16	108,19	1,0	108,19
C3	A9, A10 e A16	40,44	1,1	44,48
C4	A4, A11 à A15 e A17	128,19	1,1	141,01

(fonte: do autor, 2023)

Para o cálculo da capacidade das calhas, ou seja, para saber se a calha suporta as vazões de projeto, a NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda a fórmula de Manning-Strickler (fórmula 9).

$$Q_p = 60000 \cdot \frac{S}{n} \cdot \left(\frac{S}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Fórmula 9})$$

Onde:

Q_p = vazão de projeto (capacidade da calha), em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade da calha, em m/m.

A figura 65 mostra a seção da calha. Para fins de facilidade dos cálculos, considerou-se a seção como sendo um trapézio. O material da calha é em PVC. A calha foi considerada com altura de lâmina de água igual a metade da altura da calha (44,5 mm) como forma de segurança, assim em caso de chuvas extremas a calha pode atender vazões acima das vazões de projeto sem transbordamentos. A declividade da calha foi considerada a mínima (0,5%) estabelecida pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

Arbitrando esses valores, pode-se calcular a vazão que ocorre na calha. A tabela 16 mostra como foi calculado.

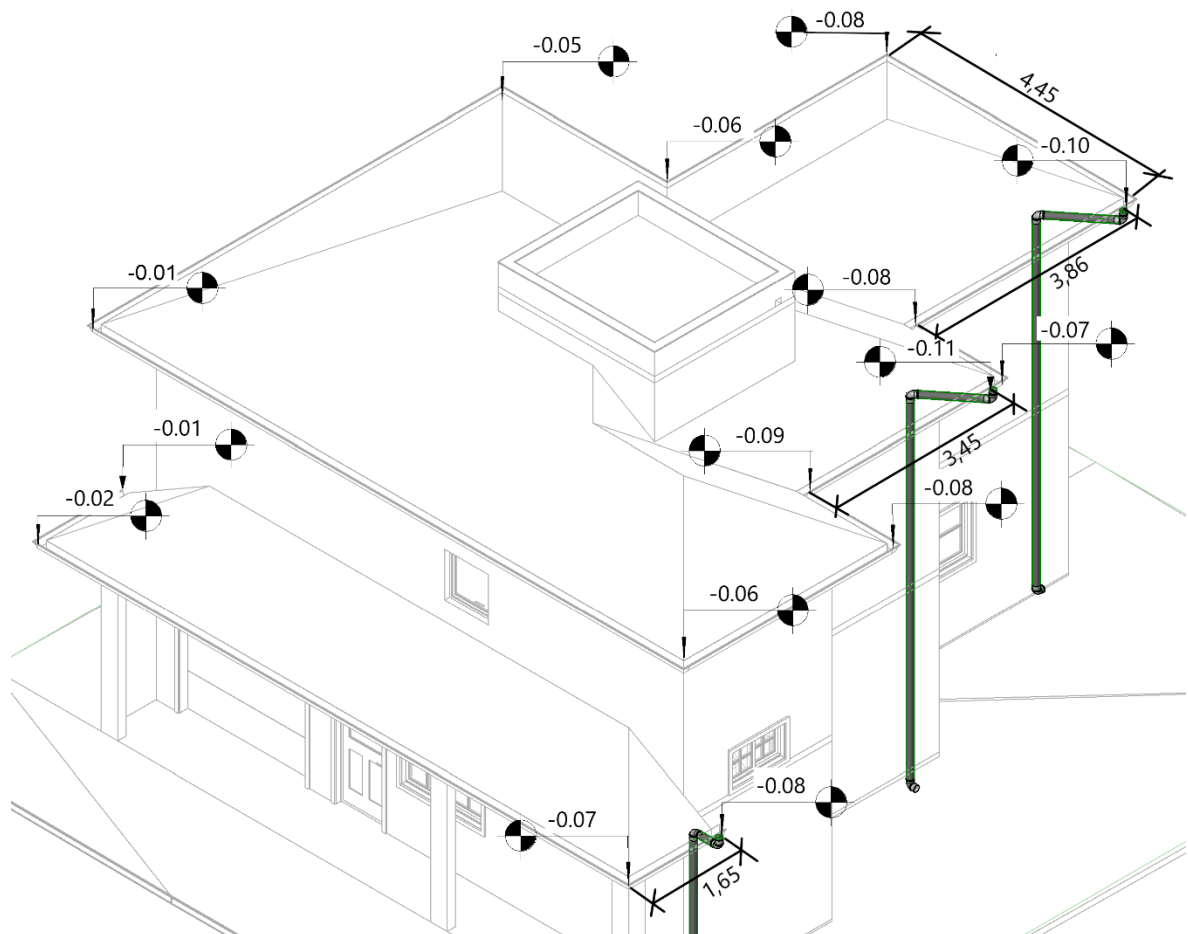
Tabela 16 – Vazão calculada pela fórmula de Manning-Strickler

Calha	Altura da lâmina (m)	Área seção molhada (m ²)	coef. rugosidade	Perímetro molhado (m)	Declividade (%)	Vazão Manning (L/min)	Vazão proj. calha (L/min)
C1	0,0445	0,0044722	0,011	0,184	0,5	144,89	83,57
C2	0,0445	0,0044722	0,011	0,184	0,5	144,89	108,19
C3	0,0445	0,0044722	0,011	0,184	0,5	144,89	44,48
C4	0,0445	0,0044722	0,011	0,184	0,5	144,89	141,01

(fonte: do autor, 2023)

As vazões determinadas pela fórmula de Manning-Strickler são maiores que as vazões de projeto das calhas, como se observa na tabela 16. Assim, a calha pode ser projetada com a inclinação mínima da norma. Isso significa que em todos os quatro trechos de calha, a altura da lâmina de água não atinge a metade da altura da calha.

Figura 76 – Elevações das calhas e distâncias entre curva e saída da calha (em metros)



(fonte: do autor, 2023)

18. IPAP: DIMENSIONAMENTO CONDUTORES VERTICAIS

Os condutores verticais conduzem a água proveniente das calhas até os condutores horizontais. A figura 75 mostra quais calhas contribuem com vazões de projeto para os três condutores verticais.

Usando a fórmula 9, pode-se calcular as alturas aproximadas de lâminas de água nas calhas para as vazões de projeto. Para o uso do ábaco da norma, as calhas C2 e C3 são somadas e altura da lâmina é fictícia, pois cada calha tem sua altura de lâmina. A tabela 17 mostra os resultados obtidos.

Tabela 17 – Altura da lâmina calculada pela fórmula de Manning-Strickler

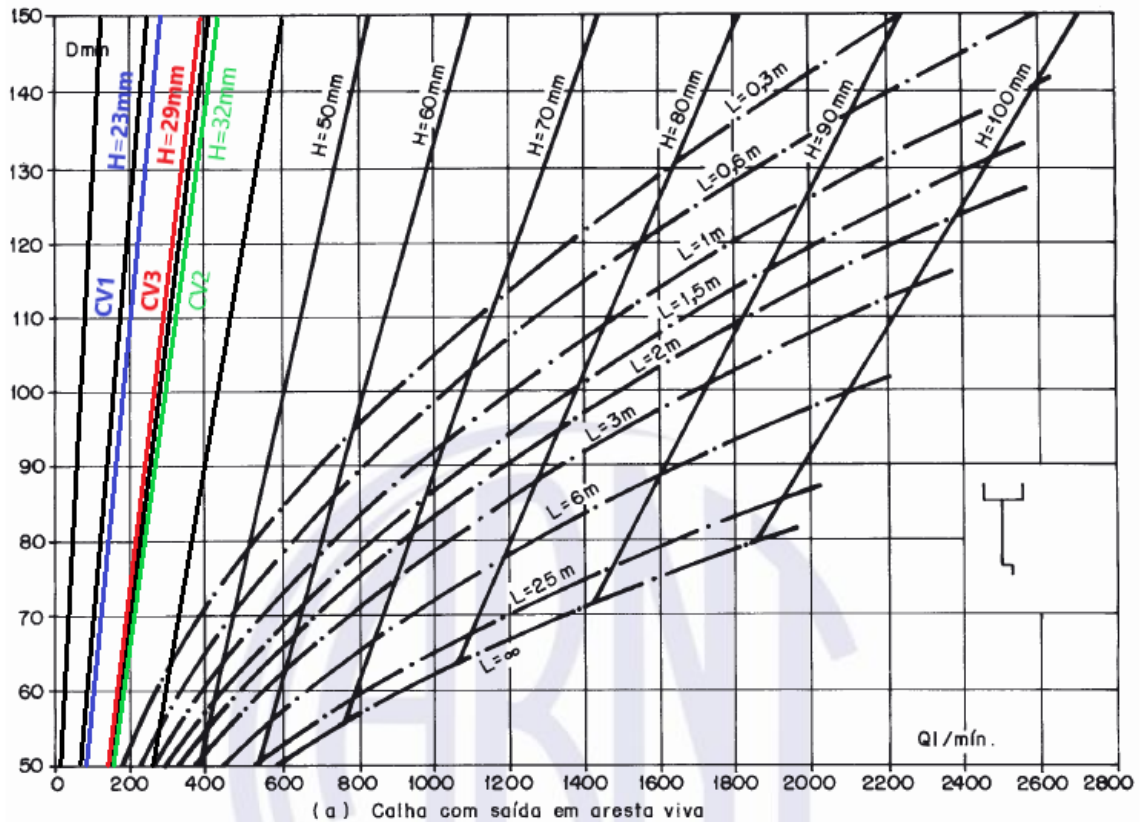
Calha	Altura da lâmina (m)	Área seção molhada (m ²)	coef. rugosidade	Perímetro molhado (m)	Declividade (%)	Vazão Manning (L/min)	Vazão proj. calha (L/min)
C1	0,0309	0,0030063	0,011	0,155	0,5	83,68	83,57
C2 e C3	0,0461	0,0046505	0,011	0,187	0,5	152,78	152,67
C4	0,0437	0,0043836	0,011	0,182	0,5	141,00	141,01

(fonte: do autor, 2023)

A NBR 10844 (ABNT, 1989) disponibiliza ábacos para determinação dos diâmetros dos condutores verticais. Inserindo os valores de vazão nos condutores, comprimento do condutor vertical e altura de lâmina na calha no ábaco de saída em aresta viva (figura 77) pode-se determinar o diâmetro.

Como as vazões são muito baixas, não é possível utilizar comprimento do condutor no ábaco. Assim, foi interpolado retas de altura de lâmina mínima no ábaco com os dados de vazão de projeto (figura 77). De acordo com o ábaco, para os três condutores verticais, pode-se utilizar um tubo de diâmetro interno 50 mm, pois as alturas de lâmina baseadas na vazão de projeto são maiores do que as alturas mínimas do ábaco. Entretanto, a norma estabelece que o diâmetro interno mínimo é de 70 mm e, portanto, optou-se por um tubo de 84,6 mm de diâmetro interno (DE 88).

Figura 77 – Interpolação das alturas de lâmina no ábaco



(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 8, modificada pelo autor)

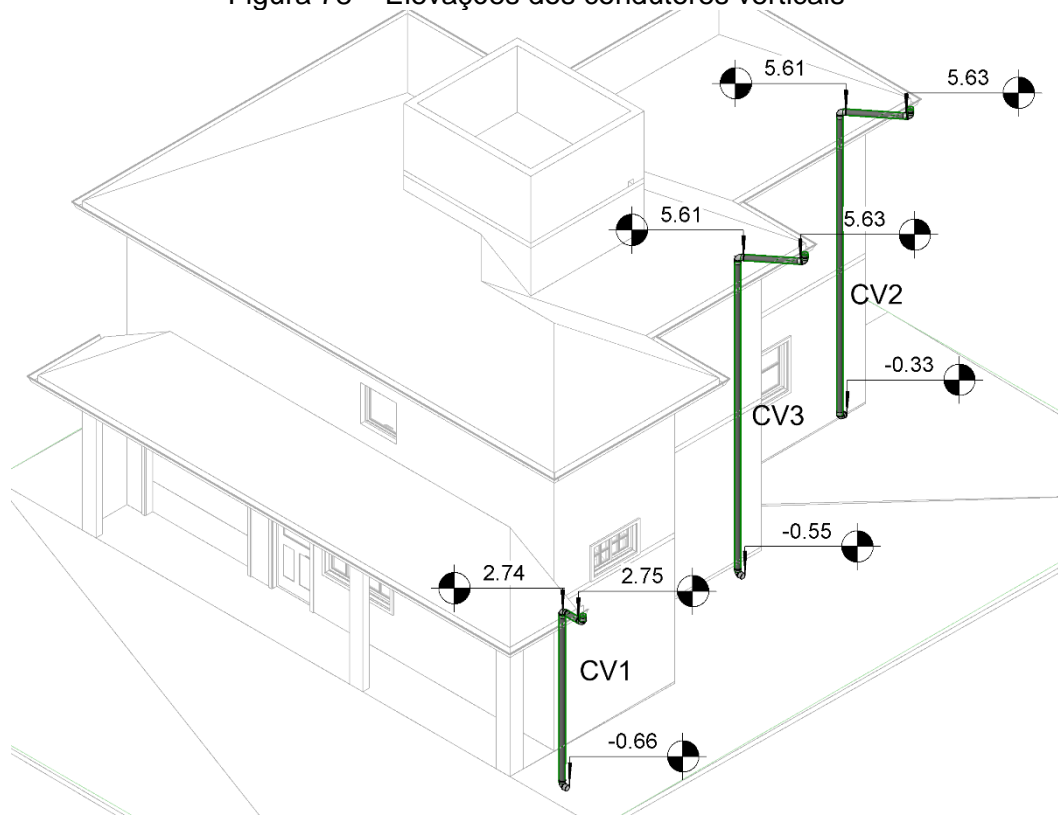
A tabela 18 mostra os resultados do ábaco e a figura 78 mostra a localização dos condutores verticais e elevações em relação ao nível 1.

Tabela 18 – Obtenção do diâmetro interno dos condutores verticais

Condutor vertical	Calhas contribuintes	Vazão proj. (L/min)	Comp. Condutor vertical (m)	Altura da lâmina (m)	Altura da lâmina mín (m)	Diâmetro interno (mm)
CV1	C1	83,57	3,71	0,0309	0,0230	50 (opção por DE 88)
CV2	C2 e C3	152,67	6,96	0,0461	0,0320	50 (opção por DE 88)
CV3	C4	141,01	7,11	0,0437	0,0290	50 (opção por DE 88)

(fonte: do autor, 2023)

Figura 78 – Elevações dos condutores verticais

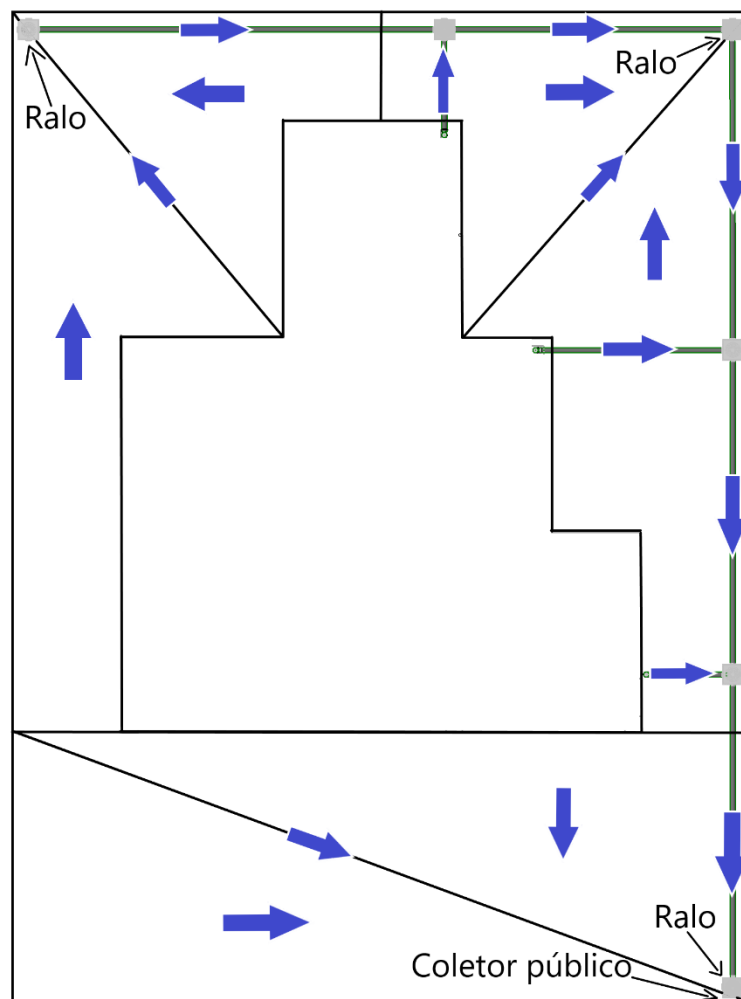


(fonte: do autor, 2023)

19. IPAP: DIMENSIONAMENTO CONDUTORES HORIZONTAIS

Os condutores horizontais recebem as águas provenientes dos condutores verticais e diretamente do terreno através das grelhas das caixas de areia. A figura 79 mostra o sentido do movimento das águas nos condutores horizontais e no terreno. O terreno possui seis caixas de areia com grelha, mas para os cálculos das vazões de projeto apenas três são consideradas como ralos do terreno (figura 79).

Figura 79 – Movimento das águas no terreno (flechas azuis indicam sentido).



(fonte: do autor, 2023)

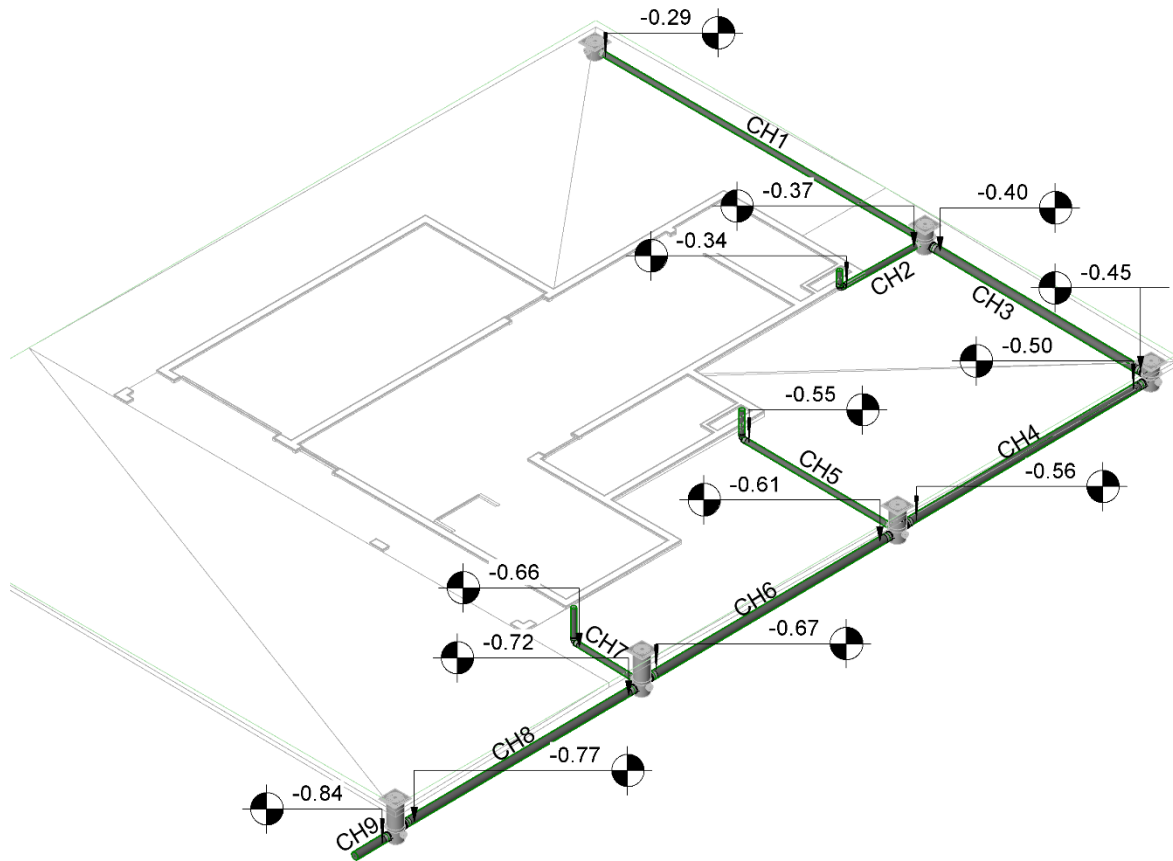
O dimensionamento dos condutores horizontais depende da vazão de projeto. A NBR 10844 (ABNT, 1989) disponibiliza uma tabela com valores de vazão calculados para altura de lâmina no cano igual a dois terços do diâmetro para diferentes inclinações.

Essa altura de lâmina é a máxima tolerada, logo as vazões de projeto devem ser menores do que as presentes na tabela da norma.

A figura 80 mostra os trechos de condutores horizontais e suas elevações em relação ao nível 1. A tabela 19 mostra os diâmetros dos tubos de PVC determinados para cada trecho atendendo os critérios de vazão da norma.

A figura 81 mostra em planta os diâmetros e declividades dos condutores verticais e horizontais, bem como dimensões das calhas e profundidades das caixas de areia no terreno.

Figura 80 – Trechos e elevações dos condutores horizontais



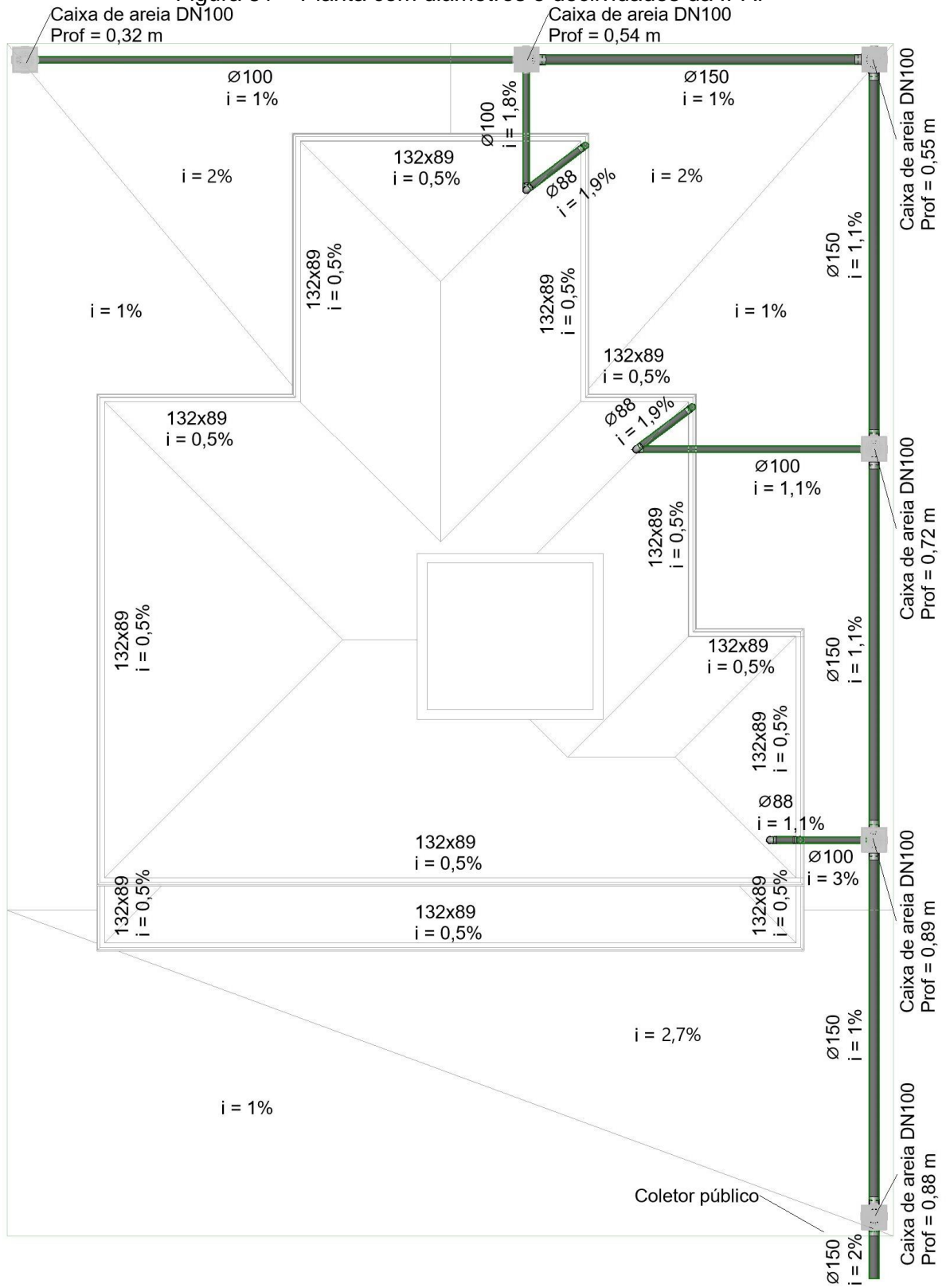
(fonte: do autor, 2023)

Tabela 19 – Obtenção do diâmetro interno e declividades dos condutores horizontais

Condutor Horizontal	Áreas de contribuição	Contribuição de condutores	Vazão máx. (L/min)	Vazão proj. (L/min)	Decl. mín. (%)	Decl. adot. (%)	Diâm. Int. (mm)
CH1	A19, A20, A26 e A27	-	287	182,17	1	1	100
CH2	-	CV2	287	152,67	1	1,8	100
CH3	-	CH1 e CH2	847	334,84	1	1	150
CH4	A21, A22, A23, A28 e A29	CH3	847	535,06	1	1,1	150
CH5	-	CV3	287	141,01	1	1,1	100
CH6	-	CH4 e CH5	847	676,08	1	1,1	150
CH7	-	CV1	405	83,57	2	3	100
CH8	-	CH6 e CH7	847	759,64	1	1	150
CH9	A24, A25	CH8	1190	929,64	2	2	150

(fonte: do autor, 2023)

Figura 81 – Planta com diâmetros e declividades da IPAP



(fonte: do autor, 2023)

20. IPAP: QUANTITATIVOS DE MATERIAL

Tabela 20 – Conexões e caixas para água pluvial

Descrição	Quantidade	Código	Fabricante
Luva Simples 150mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	9	26301505	© Tigre S/A
Redução Excêntrica 150x100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	9	29587647	© Tigre S/A
Esquadro Externo Aquapluv Style	8	32138926	© Tigre S/A
Esquadro Interno Aquapluv Style	3	32128920	© Tigre S/A
Bocal Circular Aquapluv Style	1	32029523	© Tigre S/A
Bocal Circular Direito Aquapluv Style	2	32029582	© Tigre S/A
Joelho 90° Circular Aquapluv Style	6	32158960	© Tigre S/A
Joelho de Transição Circular Aquapluv Style	3	32196055	© Tigre S/A
Caixa de Areia com prolongador com entrada e grelha de piso - Corpo 300/ Tubo 100mm - TIGRE	6	27801145	© Tigre S/A

(fonte: do autor, 2023)

Tabela 21 – Tubos e calhas para água pluvial

Descrição	Material	Dimensões (mm)	Comprimento total (m)
Calha Aquapluv Style	PVC	132 x 89	57,55
Condutor Circular Aquapluv Style	PVC	88	17,78
Tubo Série Normal	PVC	100	13,99
Tubo Série Normal	PVC	150	21,80

(fonte: do autor, 2023)

21. CONCLUSÃO

Todo o projeto buscou-se utilizar a lógica e conhecimentos físicos adquiridos no curso. Assim, os resultados obtidos, principalmente quanto ao dimensionamento e decisões de projeto, foram coerentes e seguem padrões de construção.

O traçado das tubulações foi determinado visando economia na quantidade de materiais, ou seja, traçado retilíneo e curto sempre que possível. Foi priorizado a facilidade construtiva, com tubulações em ângulos de uso comum, como 45° e 90°. Também foi priorizado a manutenção em caso de vazamentos, com tubos a vista sob o telhado no barrilete e também dentro de shafts (o shaft por ser de gesso é fácil de ser reparado).

As normas e decreto considerados foram obedecidos e citados no projeto sempre que requisitados nas diferentes etapas.

REFERÊNCIAS

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

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

_____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

DOCOL. **Registros e válvulas: misturadores para chuveiro**. Joinville. Disponível em: <<https://www.docol.com.br/registros-e-valvulas-saiba-mais/320-registros-e-valvulas/326-misturadores-para-chuveiro>>.

FORTLEV. **Catálogo de produtos**. Serra. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Catalogo_Produtos_Fortlev_MINI.pdf>.

FORTLEV. **Catálogo técnico: caixa d'água Fortlev**. Serra. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Manual_tecnico_fortlev_caixa_dagua_2020-06.pdf>.

KOMECO. **Manual do usuário Komeco: linha digital**. Palhoça. Disponível em: <<https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/aquecimento-gas/prime/manual-aquecimento-gas-linha-prime-33.pdf>>.

KOMECO. **Manual do usuário Komeco: linha TQC**. Palhoça. Disponível em: <<https://www.komeco.com.br/arquivos/manuais/bombas-pressurizadores/bomba-de-fluxo/manual-bomba-tqc-200-tqc-400.pdf>>.

PORTO ALEGRE. **Decreto Nº 9369**: Normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre: DMAE, 1988. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/porto-alegre/decreto/1988/937/9369/decreto-n-9369-1988-regulamenta-a-lei-complementar-n-170-de-31-12-1987-alterada-pela-lei-complementar-n-180-de-18-08-1988-que-estabelece-normas-para-instalacoes-hidrossanitarias-e-servicos-publicos-de-abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario-prestados-pelo-departamento-municipal-de-agua-e-esgotos>>.

TIGRE. **Catálogo predial: tubos e conexões**. Joinville. Disponível em: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2023/02/TG-013-22-CATALOGO-PREDIAL-TC-2023_BAIXA-22-02-2023_compressed.pdf>.

TIGRE. **Linha água quente: catálogo técnico e produtos**. Joinville. Disponível em: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/tg-273-20_catagolo_agua_quente_20210622-baixa.pdf>.

TIGRE. **Linha drenagem: catálogo técnico e produtos**. Joinville. Disponível em: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/TG-263-20-CATALOGO-DRENAGEM_2022-baixa.pdf>.

TIGRE. **Orientações para instalações de água fria predial**. Joinville. Disponível em: <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>>.

TIGRE. **Orientações técnicas sobre instalações de esgoto: catálogo técnico**. Joinville. Disponível em: <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/ct-esgoto.pdf>>.

ANEXO 1**Tabela de dimensionamento da rede de distribuição de água fria e água quente**

Barrilete / coluna / ramal	Trecho	Pesos		Vazão	Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Velocidade	Verificação velocidade (V<3 m/s e V<14 (D) ^{0,5})	Perda de carga unitária	Diferença de cotas Sobre (-) / Desc (+)	Pressão disponível	Comprimentos			Perda de carga			Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto de utilização	Atendimento da pressão dinâmica mínima?
		Unitário	Acumulado									Real	Equivalente	Total	Tube	Conexões e Registros	Total			
		ΣP	ΣP	L/s	mm	mm	m/s		mca/m	m	mca	m	m	m	mca	mca	mca	mca	mca	
	(1)	(2)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
Barrilete	A - B	-	7,5	0,82	50	44,0	0,54	OK	0,010	2	2,00	3,73	10,1	13,83	0,04	0,10	0,13	1,87	0,5	OK
	B - C	-	2,0	0,42	32	27,8	0,70	OK	0,027	0	1,87	1,81	7,3	9,11	0,05	0,20	0,24	1,62	0,5	OK
	B - D	-	5,5	0,70	50	44,0	0,46	OK	0,007	0	1,87	3,73	5,4	9,13	0,03	0,04	0,07	1,80	0,5	OK
CAFs	D - 4	-	5,5	0,70	50	44,0	0,46	OK	0,007	3,66	5,46	3,61	3,2	6,81	0,03	0,02	0,05	5,41	0,5	OK
	4 - 3	-	0,7	0,25	32	27,8	0,41	OK	0,011	1,60	7,01	1,55	2,2	3,75	0,02	0,02	0,04	6,97	0,5	OK
	C - 2	-	2,0	0,42	25	21,6	1,16	OK	0,089	0,76	2,38	0,72	1,5	2,22	0,06	0,13	0,20	2,19	0,5	OK
	2 - 1	-	1,0	0,30	20	17,0	1,32	OK	0,151	2,90	5,09	2,87	0,8	3,67	0,43	0,12	0,55	4,53	0,5	OK
RAMAIS AF	4 - e	-	4,8	0,66	40	35,2	0,68	OK	0,019	1,6	7,01	2,86	15,7	18,56	0,05	0,30	0,35	6,66	0,5	OK
	e - Mq	-	1,0	0,30	25	21,6	0,82	OK	0,048	-0,2	6,46	0,18	5,8	5,98	0,01	0,28	0,29	6,17	1,0	OK
	e - f	-	3,8	0,58	40	35,2	0,60	OK	0,015	0	6,66	0,84	1,5	2,34	0,01	0,02	0,04	6,63	0,5	OK
	f - Tq	-	0,7	0,25	25	21,6	0,68	OK	0,035	-0,4	6,23	0,36	5,8	6,16	0,01	0,21	0,22	6,01	1,0	OK
	3 - Aq	-	3,1	0,53	40	35,2	0,54	OK	0,013	-0,78	5,85	1,54	5,9	7,44	0,02	0,08	0,10	5,75	2,0	OK
	f - Pia	-	0,7	0,25	20	17,0	1,11	OK	0,111	-0,3	6,67	1,72	4,9	6,62	0,19	0,54	0,73	5,94	1,0	OK
	2 - a	-	1	0,30	25	21,6	0,82	OK	0,048	0	2,19	1,07	3,8	4,87	0,05	0,18	0,24	1,95	0,5	OK
	a - Ch _{2f}	-	0,4	0,19	25	21,6	0,52	OK	0,022	1	2,95	1,99	18,6	20,59	0,04	0,40	0,45	2,50	0,5	OK
	Ch _{2f} - Ch ₂	-	0,4	0,19	25	21,6	0,52	OK	0,022	-1	1,50	0,96	1,7	2,66	0,02	0,04	0,06	1,44	1,0	OK
	a - b	-	0,6	0,23	20	17,0	1,02	OK	0,097	0	1,95	0,16	0,8	0,96	0,02	0,08	0,09	1,86	0,5	OK
	b - Vs ₂	-	0,3	0,16	20	17,0	0,72	OK	0,053	2	3,86	1,97	3,4	5,37	0,10	0,18	0,28	3,57	1,0	OK
	b - Lv ₂	-	0,3	0,16	20	17,0	0,72	OK	0,053	1,2	3,06	2,73	2,9	5,63	0,14	0,15	0,30	2,76	1,0	OK
	1 - c	-	1	0,30	20	17,0	1,32	OK	0,151	0	4,53	1,05	2,3	3,35	0,16	0,35	0,51	4,02	0,5	OK
	c - Ch _{1f}	-	0,4	0,19	20	17,0	0,84	OK	0,068	1	5,02	1,96	17,8	19,76	0,13	1,21	1,34	3,68	0,5	OK
Ch _{1f} - Ch ₁	-	0,4	0,19	20	17,0	0,84	OK	0,068	-1	2,68	0,97	1,5	2,47	0,07	0,10	0,17	2,52	1,0	OK	
c - d	-	0,6	0,23	20	17,0	1,02	OK	0,097	0	4,02	0,16	0,7	0,86	0,02	0,07	0,08	3,94	0,5	OK	
d - Vs ₁	-	0,3	0,16	20	17,0	0,72	OK	0,053	2	5,94	1,97	3,4	5,37	0,10	0,18	0,28	5,66	1,0	OK	
d - Lv ₁	-	0,3	0,16	20	17,0	0,72	OK	0,053	1,2	5,14	2,72	2,9	5,62	0,14	0,15	0,30	4,84	1,0	OK	
RAMAIS AQ	Aq - a _q	-	3,1	0,53	35	28,5	0,83	OK	0,029	0,88	6,63	2,46	4,0	6,46	0,07	0,12	0,19	6,44	0,5	OK
	a _q - Mq _q	-	1	0,30	22	18,0	1,18	OK	0,096	-0,3	6,14	0,33	5,8	6,13	0,03	0,55	0,59	5,56	1,0	OK
	a _q - b _q	-	2,1	0,43	35	28,5	0,68	OK	0,020	0	6,44	1,79	3,5	5,29	0,04	0,07	0,11	6,33	0,5	OK
	b _q - Pia _q	-	0,7	0,25	22	18,0	0,99	OK	0,069	-0,4	5,93	1,53	3,9	5,43	0,11	0,27	0,37	5,56	1,0	OK
	b _q - c _q	-	1,4	0,35	35	28,5	0,56	OK	0,014	-5,36	0,97	5,43	6,6	12,03	0,08	0,09	0,17	0,81	0,5	OK
	c _q - d _q	-	1,4	0,35	35	28,5	0,56	OK	0,014	0	0,81	5,03	4,0	9,03	0,07	0,06	0,13	0,68	0,5	OK
	d _q - e _q	-	1,4	0,35	35	28,5	0,56	OK	0,014	0,96	1,64	0,91	2,0	2,91	0,01	0,03	0,04	1,60	0,5	OK
	e _q - f _q	-	0,7	0,25	35	28,5	0,39	OK	0,007	0	1,60	0,11	4,6	4,71	0,00	0,03	0,03	1,57	0,5	OK
	f _q - Ch _{2q}	-	0,4	0,19	35	28,5	0,30	OK	0,004	0,8	2,37	1,71	22,0	23,71	0,01	0,10	0,10	2,26	0,5	OK
	Ch _{2q} - Ch ₂	-	0,4	0,19	22	18,0	0,75	OK	0,041	-1	1,26	0,96	1,7	2,66	0,04	0,07	0,11	1,15	1,0	OK
	f _q - Lv _{2q}	-	0,3	0,16	22	18,0	0,65	OK	0,031	1	2,57	3,56	8,2	11,76	0,11	0,26	0,37	2,20	1,0	OK
	e _q - g _q	-	0,7	0,25	22	18,0	0,99	OK	0,069	2,9	4,50	2,97	2,7	5,67	0,20	0,19	0,39	4,11	0,5	OK
	g _q - Ch _{1q}	-	0,4	0,19	22	18,0	0,75	OK	0,041	0,8	4,91	1,78	17,4	19,18	0,07	0,71	0,79	4,12	0,5	OK
	Ch _{1q} - Ch ₁	-	0,4	0,19	22	18,0	0,75	OK	0,041	-1	3,12	0,96	1,7	2,66	0,04	0,07	0,11	3,02	1,0	OK
g _q - Lv _{1q}	-	0,3	0,16	22	18,0	0,65	OK	0,031	1	5,11	3,58	6,0	9,58	0,11	0,19	0,30	4,81	1,0	OK	

1