

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

Daiana Silveira Feloniuk

**SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO: ESTUDO
COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO PELOS
MÉTODOS HIDRÁULICO E DAS UNIDADES DE HUNTER
DE CONTRIBUIÇÃO**

Porto Alegre
junho 2016

DAIANA SILVEIRA FELONIUK

**SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO: ESTUDO
COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO PELOS
MÉTODOS HIDRÁULICO E DAS UNIDADES DE HUNTER
DE CONTRIBUIÇÃO**

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

Orientador: Juan Martín Bravo

Porto Alegre
junho 2016

DAIANA SILVEIRA FELONIUK

**SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO: ESTUDO
COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO PELOS
MÉTODOS HIDRÁULICO E DAS UNIDADES DE HUNTER
DE CONTRIBUIÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado pela banca examinadora e, em sua forma final, pelo Professor Orientador.

Porto Alegre, junho de 2016

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

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dieter Wartchow (UFRGS)
Dr. pela Universidade de Stuttgart

Profa. Daniela Guzzon Sanagiotto (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Paulo Rógenes Monteiro Pontes (UNISINOS)
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Sergio e Marta, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Juan Martín Bravo, orientador deste trabalho, por sua disponibilidade, boa vontade e ajuda.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt pelos ensinamentos transmitidos e esclarecimentos de dúvidas prestados.

Agradeço aos meus pais por todo o suporte dado durante o Curso de Graduação.

Agradeço ao meu namorado, Joanir Matos, pela compreensão, colaboração e presença.

Agradeço à minha amiga Helena Lima pela parceria e amizade.

If I have seen further, it is by standing
on the shoulders of Giants.

Isaac Newton

RESUMO

No Brasil, o dimensionamento dos sistemas prediais de esgoto sanitário é regido pela NBR 8160/1999. Esta Norma apresenta dois métodos de dimensionamento do subsistema de coleta e transporte: o método hidráulico e o das unidades de Hunter de contribuição (UHC). A fim de estudar as diferenças entre ambos, este trabalho teve como objetivo comparar os resultados obtidos para dimensões e custos dos projetos utilizando as duas opções. Para isso, foram criados três estudos de casos de edifícios residenciais semelhantes de 5, 10 e 15 pavimentos que tiveram seus projetos desenvolvidos pelos dois métodos de cálculo. A elaboração dos projetos se deu pela análise dos prédios estudados, definição do traçado das tubulações, classificação e dimensionamento das mesmas. Para cada edificação estudada, optou-se por criar quatro variações do dimensionamento pelo método hidráulico, utilizando a seguinte combinação de parâmetros: intervalos de tempo entre descargas consecutivas dos aparelhos sanitários de 5 e 60 minutos e escoamento de efluentes dos ramais, subcoletores e coletor predial a 3/4 e a 1/2 seção dos tubos. Além disso, foi definido que o escoamento no tubo de queda teria ocupação de 1/4 das tubulações. Com isso, cada prédio foi dimensionado quatro vezes pelo método hidráulico e uma vez pelo das UHC. Por serem três prédios, o trabalho totalizou na elaboração de 15 projetos. Após a realização dos dimensionamentos, foram feitos os quantitativos dos projetos, orçados os preços dos insumos e calculados os custos totais dos subsistemas de coleta e transporte. Analisando os resultados obtidos, verificou-se que os diâmetros dos ramais de descarga calculados pelo método hidráulico foram iguais ou menores do que os mínimos obtidos pelo método das UHC; que os tubos de queda calculados pelo método hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos resultaram em diâmetros iguais ou menores do que pelo método das UHC e, os calculados com intervalo de 5 minutos, em iguais ou maiores; e que os diâmetros dos subcoletores e coletor predial obtidos com método hidráulico com intervalo de 5 minutos aumentaram mais com o incremento do número de pavimentos do que os obtidos com o método das UHC e método hidráulico com intervalo de 60 minutos. Os resultados mostraram que utilizando o método hidráulico com intervalo de 5 minutos e escoamento a 1/2 seção os custos foram superiores a 100% em comparação ao método das UHC. Enquanto os cálculos com método hidráulico com intervalos de 60 minutos e escoamento a 3/4 da seção geraram os menores diâmetros e, com isso, resultaram em custos 10% menores do que os projetos utilizando o método das UHC.

Palavras-chave: Sistemas prediais de esgoto sanitário. Projeto de esgoto sanitário. Método hidráulico. Método das unidades de Hunter de contribuição.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa	21
Figura 2 – Solução de instalação deficiente permitindo a passagem de gases	24
Figura 3 – Fecho hídrico vedando a passagem de ar com maus odores	25
Figura 4 – Processo evolutivo dos sistemas prediais de esgoto sanitário	26
Figura 5 – Componentes de um sistema predial de esgoto sanitário	27
Figura 6 – Representação do escoamento no tubo de queda	42
Figura 7 – Diagrama esquemático da metodologia da pesquisa	51
Figura 8 – Ilustração dos Prédios 5, 10 e 15	52
Figura 9 – Planta baixa do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15	53
Figura 10 – Variações do dimensionamento hidráulico para cada um dos Prédios 5, 10 e 15	55
Figura 11 – Esquema ilustrativo do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15	57
Figura 12 – Traçado das tubulações do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15	59
Figura 13 – Traçado das tubulações da cozinha e área de serviço do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15	60
Figura 14 – Traçado das tubulações do banheiro do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15	60
Figura 15 – Traçado das tubulações do apartamento 3 dos Prédios 5, 10 e 15	61
Figura 16 – Traçado das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15	63
Figura 17 – Classificação das tubulações da cozinha e área de serviço do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15	64
Figura 18 – Classificação das tubulações do banheiro do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15	65
Figura 19 – Classificação das tubulações do apartamento 3 dos Prédios 5, 10 e 15	65
Figura 20 – Classificação das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15	66
Figura 21 – Cotas e declividades das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15	73
Figura 22 – Parâmetros de projeto utilizados no método hidráulico	75
Figura 23 – Resumo dos projetos utilizando o método hidráulico	76
Figura 24 – Variações do custo do método hidráulico em relação ao das UHC	93
Figura 25 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 5	95
Figura 26 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 10	96
Figura 27 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 15	96
Figura 28 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5	97
Figura 29 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10	97

Figura 30 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15	98
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Significado das abreviações utilizadas na classificação	64
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – ‘Pesos’ associados aos aparelhos sanitários obtidos por Hunter	35
Tabela 2 – Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga	37
Tabela 3 – Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 2	38
Tabela 4 – Dimensionamento de ramais de esgoto	38
Tabela 5 – Dimensionamento de tubos de queda	40
Tabela 6 – Dimensionamento de subcoletores e coletor predial	40
Tabela 7 – Vazões unitárias dos aparelhos sanitários	43
Tabela 8 – Número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo com intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 5 min e fator de falha = 1,0%	44
Tabela 9 – Número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo com intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 60 min e fator de falha = 1,0%	46
Tabela 10 – Vazão máxima no ramal de descarga para escoamento à meia seção e $n=0,010$ (tubulação plástica)	49
Tabela 11 – Diferença de altura entre piso e ramais de descarga dos aparelhos sanitários	56
Tabela 12 – Dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos Prédios 5, 10 e 15 pelo método das UHC	67
Tabela 13 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método das UHC .	69
Tabela 14 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método das UHC	69
Tabela 15 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método das UHC	70
Tabela 16 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método das UHC	71
Tabela 17 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método das UHC	71
Tabela 18 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método das UHC	72
Tabela 19 – Duração média da(s) descarga(s) para os aparelhos dos Prédios 5, 10 e 15	74
Tabela 20 – Dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos Prédios 5, 10 e 15 pelo método hidráulico	77
Tabela 21 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	80
Tabela 22 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos	80

Tabela 23 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	81
Tabela 24 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos ...	81
Tabela 25 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	81
Tabela 26 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos ...	82
Tabela 27 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	83
Tabela 28 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos	84
Tabela 29 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	85
Tabela 30 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos	86
Tabela 31 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos	87
Tabela 32 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos	88
Tabela 33 – Quantitativos dos projetos do Prédio 5	89
Tabela 34 – Quantitativos dos projetos do Prédio 10	90
Tabela 35 – Quantitativos dos projetos do Prédio 15	91
Tabela 36 – Custos dos projetos	93

LISTA DE SIGLAS

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

NBR – Norma Brasileira

PVC – Policloreto de Polivinila

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UHC – Unidades de Hunter de Contribuição

LISTA DE SÍMBOLOS

t_o – taxa de ocupação de água durante o escoamento no tubo de queda

S_e – área da seção transversal da coroa circular por onde escoar a água no tubo de queda (m^2)

S_{Tq} – área da seção transversal do tubo de queda (m^2)

Q_{Tq} – vazão de projeto no tubo de queda (L/s)

m_i – número de aparelhos sanitários, do tipo i , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha

q_i – vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo i (L/s)

D_{Tq} – diâmetro interno do tubo de queda (m)

n – coeficiente de Manning ($s/m^{1/3}$)

Q_e – vazão no trecho considerado (L/s)

d_e – diâmetro do trecho considerado (m)

l – declividade do trecho considerado

$d_{e\ 3/4}$ – diâmetro calculado para ramal com escoamento a 3/4 da seção (m)

$d_{e\ 1/2}$ – diâmetro calculado para ramal com escoamento a 1/2 seção (m)

$DN_{e\ 3/4}$ – diâmetro nominal de ramal com escoamento a 3/4 da seção (mm)

$DN_{e\ 1/2}$ – diâmetro nominal de ramal com escoamento a 1/2 seção (mm)

$D_{Tq\ 5min}$ – diâmetro calculado para tubo de queda com intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (m)

$D_{Tq\ 60min}$ – diâmetro calculado para tubo de queda com intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (m)

$DN_{Tq\ 5min}$ – diâmetro nominal para tubo de queda com intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (mm)

$DN_{Tq\ 60min}$ – diâmetro nominal para tubo de queda com intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (mm)

$d_{e\ 3/4-5min}$ – diâmetro calculado para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 3/4 da seção e intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (m)

$d_{e\ 3/4-60min}$ – diâmetro calculado para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 3/4 da seção e intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (m)

$d_{e\ 1/2-5min}$ – diâmetro calculado para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 1/2 seção e intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (m)

$d_{e\ 1/2-60min}$ – diâmetro calculado para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 1/2 seção e intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (m)

$DN_{e\ 3/4-5min}$ – diâmetro nominal para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 3/4 da seção e intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (mm)

$DN_{e\ 3/4-60min}$ – diâmetro nominal para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 3/4 da seção e intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (mm)

$DN_{e\ 1/2-5min}$ – diâmetro nominal para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 1/2 seção e intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos (mm)

$DN_{e\ 1/2-60min}$ – diâmetro nominal para subcoletor ou coletor predial com escoamento a 1/2 seção e intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos (mm)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	19
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	19
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	19
2.2.1 Objetivo Principal	19
2.2.2 Objetivos Secundários	19
2.3 PRESSUPOSTO	20
2.4 DELIMITAÇÕES	20
2.5 LIMITAÇÕES	20
2.6 DELINEAMENTO	20
3 SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO	23
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	23
3.2 COMPONENTES DO SISTEMA	26
3.3 DIRETRIZES DE PROJETO	29
3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	33
3.4.1 Método das unidades de Hunter de contribuição	34
3.4.2 Método hidráulico	41
3.4.2.1 Dimensionamento do tubo de queda	41
3.4.2.2 Dimensionamento do ramal de descarga, e de esgoto, subcoletores e coletor predial	47
4 ESTUDO DE CASOS	51
4.1 METODOLOGIA	51
4.2 OBJETOS DE ESTUDO	52
4.3 DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS	54
4.3.1 Análise dos casos estudados	56
4.3.2 Traçado das tubulações	57
4.3.3 Projetos utilizando o método das unidades de Hunter de contribuição	67
4.3.4 Projetos utilizando o método o hidráulico	74
4.4 QUANTITATIVOS DOS PROJETOS	89
4.5 CUSTOS DOS PROJETOS	92
5 ANÁLISE DE RESULTADOS	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100

REFERÊNCIAS	102
APÊNDICE A	105
APÊNDICE B	113
APÊNDICE C	118
APÊNDICE D	122

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da indústria da construção civil e sua incessável busca por aumento dos lucros vem tornando as pesquisas para a redução dos custos totais das obras cada vez mais importantes. Para atingirem seus objetivos, as empresas tem investido em setores especializados no estudo e redução dos diversos gastos que compõem este valor total.

Com base em custos de construção convencionais, estima-se que as instalações sanitárias e de gás representam em média 8,4% no valor total de um empreendimento residencial (MASCARÓ, 2010, p. 179). Ou seja, este conjunto de sistemas prediais constituem uma parcela importante dos custos dos serviços a serem executados, e, portanto, devem ter projeto e planejamento pensados racionalmente.

Especificamente no caso do projeto das instalações prediais de esgoto sanitário, criá-lo com caráter racional significa cumprir todas as exigências e recomendações propostas na NBR 8160 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) da forma mais segura, econômica e prática possível. O sistema formado por estas instalações se divide em subsistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário e de ventilação. O primeiro é destinado a coletar e transportar a um local adequado o esgoto sanitário e, o segundo, destinado a permitir a passagem de gases para atmosfera e evitar que os mesmos se encaminhem para ambientes sanitários. Para projetá-los, deve-se definir todas as características e traçado dos subsistemas e, posteriormente, dimensioná-los.

A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) apresenta dois métodos de dimensionamento das tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário: o das unidades de Hunter de contribuição (UHC) e o hidráulico. No entanto, a decisão sobre qual método utilizar é do projetista responsável. No Brasil, o método das UHC acabou se popularizando por ser mais facilmente compreendido e de simples aplicação.

Ambos os métodos de dimensionamento são probabilísticos, utilizando como base a distribuição binomial de probabilidades. No entanto, enquanto o método das UHC fornece os diâmetros das tubulações simplesmente baseando-se nos aparelhos sanitários existentes, nas

Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: estudo comparativo de dimensionamento pelos métodos hidráulico e das unidades de Hunter de contribuição

declividades dos tubos e no número de pavimentos da edificação, o método hidráulico exige primeiro que o projetista defina parâmetros de projeto baseados na utilização da edificação, como taxa de ocupação das tubulações, duração média das descargas dos aparelhos sanitários e intervalo médio entre estas descargas.

Baseando-se na premissa da redução de custos na construção civil, este trabalho teve como objetivo comparar os resultados de diâmetros e custos obtidos em dimensionamentos do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário utilizando os métodos hidráulico e das UHC. Para isso, a partir de projetos arquitetônicos de um edifício residencial, foram criados casos com número crescente de pavimentos. Na sequência, foi elaborado o projeto do subsistema de coleta e transporte, de cada caso estudado, utilizando os dois métodos descritos em Norma, para realizar um comparativo entre as alternativas. O cálculo para variadas quantidades de pavimentos teve como objetivo analisar se este fator acarretaria em alteração da diferença de resultado entre os métodos.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: qual é a influência da escolha do método de dimensionamento do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário nas dimensões e custos dos seus componentes?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a comparação de resultados de diâmetros e custos entre os dimensionamentos pelos métodos hidráulico e das UHC do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) apresentação das diretrizes de cálculo para o dimensionamento do sistema pelo método hidráulico;
- b) apresentação do projeto do sistema de esgoto sanitário pelo método das UHC;
- c) apresentação do projeto do sistema de esgoto sanitário pelo método hidráulico.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que as orientações para elaboração de projetos da NBR 8160/1999 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução são válidas.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a comparação de projetos de três edifícios residenciais hipotéticos com 5, 10 e 15 pavimentos tipo, na cidade de Porto Alegre/RS.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) o uso do fator de falha de 1%;
- b) o uso do intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 e 60 minutos;
- c) o uso da duração média das descargas de 10 s para a bacia sanitária, 30 s para o lavatório, 300 s para a pia da cozinha, 300 s para o tanque, 500 s para o chuveiro, 500 s para a máquina de lavar roupas e 500 s para a máquina de lavar louças;
- d) o uso da taxa de ocupação do tubo de queda de 1/4;
- e) a consideração dos ramais de esgoto com uso congestionado;
- f) a consideração dos custos de tubulações e conexões somente do subsistema de coleta e transporte.

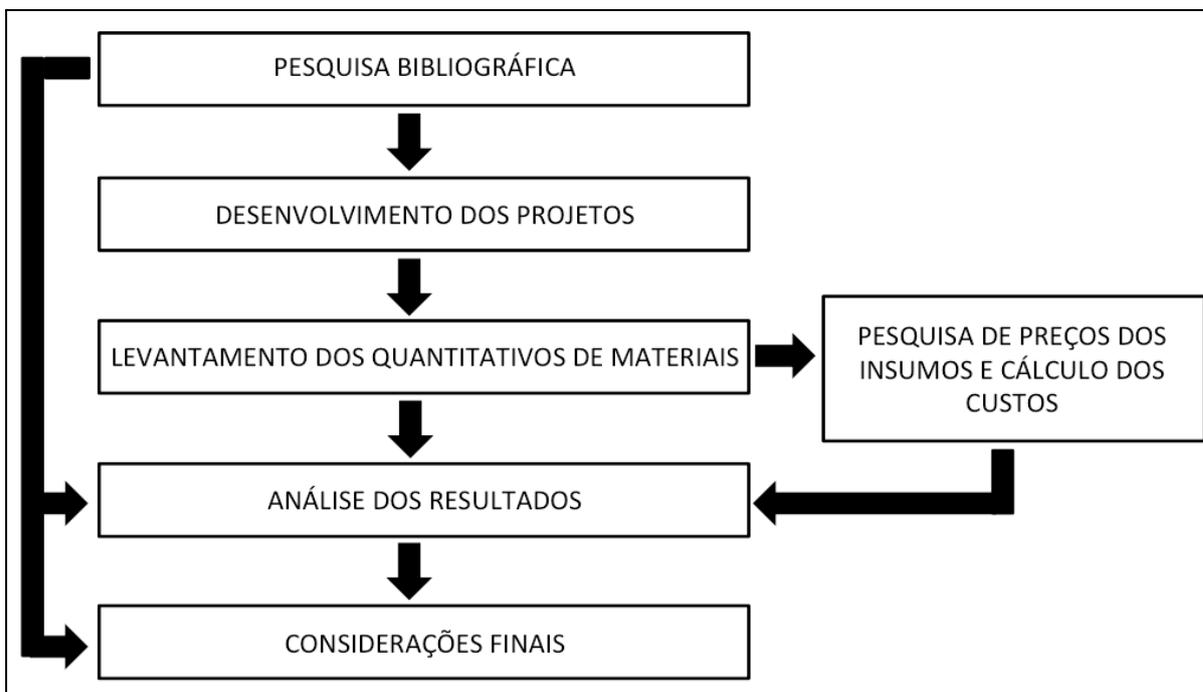
2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) desenvolvimento dos projetos;
- c) levantamento dos quantitativos de materiais;
- d) pesquisa de preços dos insumos e cálculo dos custos;
- e) análise dos resultados;

f) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

A etapa inicial do trabalho foi a realização da **pesquisa bibliográfica**. Foram consultados diferentes materiais, como artigos e livros, em busca de embasamento teórico sobre os sistemas prediais de esgotos sanitários. Com o objetivo de obter uma melhor compreensão do assunto, foram aprofundadas as pesquisas sobre a origem e evolução das instalações, bem como dos métodos de cálculo.

A seguir, o **desenvolvimento dos projetos** foi feito. Seguindo as recomendações da Norma, os projetos foram elaborados pela autora utilizando o programa Revit e o dimensionamento dos sistemas foi calculado através de planilhas do Excel.

O **levantamento do quantitativo dos materiais** se deu através da contabilização de tubulações e conexões presentes nos projetos. Estas informações foram organizadas e dispostas em tabelas.

Para permitir que a avaliação dos resultados possuísse um parâmetro econômico, se realizou uma **pesquisa de preços dos insumos e cálculo dos custos**. Esta etapa foi desenvolvida

através de orçamentos efetuados com quatro distribuidores da cidade de Porto Alegre/RS e da apresentação dos custos totais calculados.

Por fim, foi realizada a **análise dos resultados**. Para cada estudo de caso, foi feita a comparação entre os projetos, quantitativos e custos obtidos pelos diferentes métodos de dimensionamento com objetivo de averiguar e avaliar as variações entre eles. Com base nestas informações, foram feitas as **considerações finais** acerca do trabalho.

3 SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO

A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 3) define o sistema predial de esgoto sanitário como o “Conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar e transportar o esgoto sanitário, garantir o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitar o encaminhamento dos mesmos para os ambientes sanitários.”. Esta mesma Norma apresenta como “[...] funções básicas coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.”.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

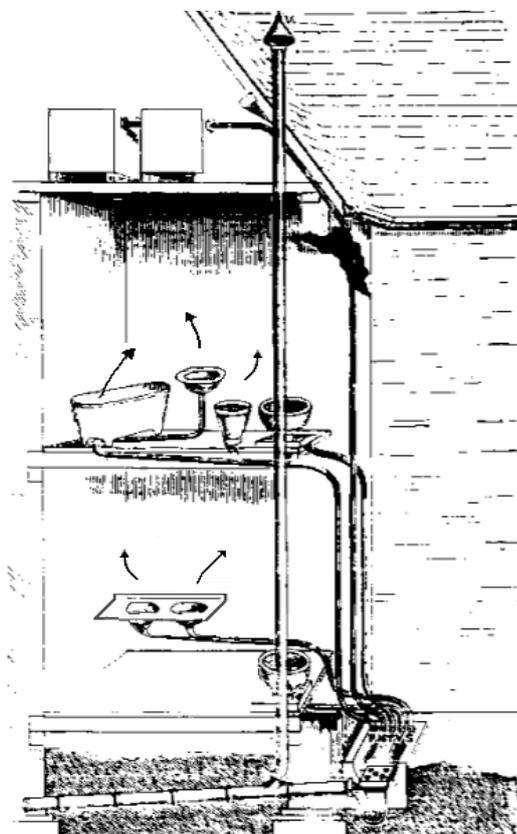
Sabe-se que “A ideia de construir tubulações de esgoto para carregar efluentes para fora das casas e cidades é de milhares de anos atrás. Assim como diversas outras grandes inovações, o conceito de canalizações e esgotos tem sido visto desde os tempos antigos.” (ALINSSON, 2010, p. 22, tradução nossa). Segundo Juuti e Wallenius (2005, p. 93, tradução nossa), “Os mais antigos remetimentos a banheiros da Babilônia são do terceiro milênio aC, de Creta talvez até antes e do Egito de 1400 aC.”. No entanto, de acordo com Landi (1993, p. 12), com o fim da Idade Antiga, os conhecimentos e técnicas deste período entraram em colapso e houve um retrocesso nos conceitos de higiene.

Durante a Idade Média, o uso de sistema de esgotamento sanitário não era habitual. Conforme Gray (1940, p. 943, tradução nossa), neste período, em Paris, a prática da população era despejar seus dejetos pela janela, deixando a cidade poluída e mal cheirosa. Allinson (2010, p. 22, tradução nossa) explica que “A vida não era muito melhor no Novo Mundo. Colonizadores ingleses usavam penicos e outros itens de louça para espalhar seus resíduos nos campos e rios, ou usavam patentes sanitárias primitivas que consistiam em bancos de madeira sobre buracos no chão.”.

A história das instalações de esgoto sanitário dentro das edificações tem início na segunda metade do século XIX quando o primeiro modelo, constituído de aparelhos sanitários ligados a tubulações, passou a ser utilizado (LANDI, 1993). Porém, apesar de cumprir sua função de

transportar efluentes, este sistema permitia a passagem de ar com maus odores aos ambientes sanitários (HELLYER, 1882, p. 88, tradução nossa). Este incômodo ocorria, pois, conforme ilustrado na figura 2, não havia tecnologia para impedir que o ar poluído das canalizações circulasse livremente.

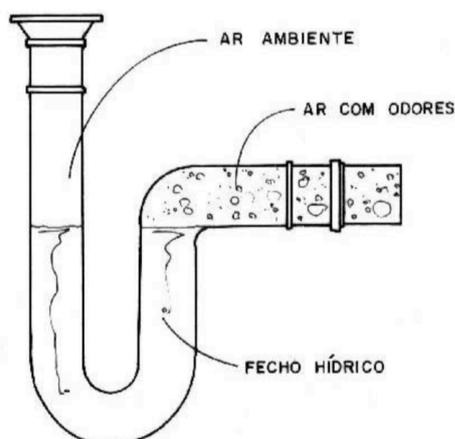
Figura 2 – Solução de instalação deficiente permitindo a passagem de gases



(fonte: adaptado de LANDI, 1993, p. 48)

Na busca do melhoramento do sistema e fim dos maus odores, o fecho hídrico, “[...] uma camada líquida que veda a passagem dos gases [...]” (VIANNA et al., 1993, p. 63), ilustrado na figura 3, acabou sendo descoberto como uma ferramenta importante. Seu uso se deu para a criação do desconector, definido por Carvalho Júnior (2011, p. 117) como “[...] dispositivo dotado de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto.”. George (2001a, p. 54, tradução nossa) descreve que inicialmente “Um desconector artesanal era instalado no dreno de cada aparelho para prevenir a fuga de antipáticos odores e gases de esgoto da saída dos aparelhos.”. Ou seja, o modelo de sistema inicialmente utilizado foi alterado e passou a ser composto de aparelhos, tubulações e desconectores.

Figura 3 – Fecho hídrico vedando a passagem de ar com maus odores



(fonte: GONÇALVES et al., 2000, p. 27)

No entanto, o desempenho do sistema desenvolvido não foi satisfatório, já que o problema de mau cheiro no ar persistiu. O motivo desta situação foi que, conforme George (2001a, p. 54, tradução nossa), “Estes desconectores muitas vezes perdiam seus fechos hídricos por causa das condições de sifonagem e sobrepressão [...]”. Efeitos estes respectivamente definidos por Ferreira (2013) como o conjunto de fenômenos responsáveis pela redução parcial ou total da camada líquida dos desconectores e a verificação de pressão positiva a jusante do fecho hídrico. Por fim, George (2001a, p. 59, tradução nossa) apresenta como este problemas finalmente foram solucionados:

Em uma conferência *Master Plumbers*, em 1874, foi apresentada a teoria de que a pressão do ar no dreno e na saída do desconector do aparelho tinha que ser a mesma. A conservação da pressão ao ar livre em equilíbrio com a pressão na entrada do desconector poderia ser mantida por meio de um tubo de ventilação. O tubo de ventilação poderia ser ligado ao dreno na saída do desconector e estendido à pressão atmosférica até o ar livre. Ao fazer isto, o ar poderia escoar livremente para dentro ou para fora do ralo, em resposta a variações de pressão no dreno. A teoria da ventilação foi testada logo após a conferência por empreiteiros e artífices na área e foi provado ser correta. No entanto, numerosos detalhes da instalação de ventilação e dimensionamento tiveram de ser determinados por mais ensaios e experiências de campo antes do desempenho satisfatório da tubulação de ventilação ser assegurado. Apesar disso, o princípio da ventilação sanitária dos sistemas de esgotos por meio de tubos de ventilação, para proteger contra a perda do fecho hídrico dos desconectores por sifonagem e sobrepressão, foi estabelecido. A forma de prevenir odores questionáveis e gases de esgoto de escapamentos de aparelhos e de poluir a atmosfera dos prédios foi encontrada.

Então, um novo modelo de sistema predial de esgoto sanitário foi introduzido. Possuindo tubulações específicas para circulação de ar de modo contínuo e à pressão atmosférica, as

instalações conseguiram atender a sua função básica de coletar e transportar efluentes, sem permitir o retorno de gases aos ambientes sanitários.

A figura 4 ilustra as principais etapas do processo evolutivo acima sintetizado. Porém, é importante ressaltar que estes avanços se deram de modo contínuo, sempre em busca de melhorias na qualidade, e, portanto, durante o seu desenvolvimento, passaram por outros variados ajustes.

Figura 4 – Processo evolutivo dos sistemas prediais de esgoto sanitário



(fonte: adaptado de trabalho não publicado¹)

Como o sistema criado a partir da teoria da ventilação atendeu às necessidades de uso sem apresentar defeitos a longo prazo, sua concepção básica se manteve até a atualidade. Cada parte constituinte das instalações foi nomeada e caracterizada com a sua devida função.

3.2 COMPONENTES DO SISTEMA

A NBR 8160/1999 define os componentes que podem constituir um sistema predial de esgoto sanitário. Além disso, esta Norma apresenta também a seguinte classificação com relação ao tipo de gases que têm acesso a estes elementos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 2, grifo do autor):

[...]

¹ Apostila Instalações prediais de esgoto sanitário da disciplina IPH 209 – Instalações Hidrossanitárias do professor Juan Martín Bravo disponível no site <<http://moodleinstitucional.ufrgs.br>> para alunos do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul que cursaram a disciplina em 2015.

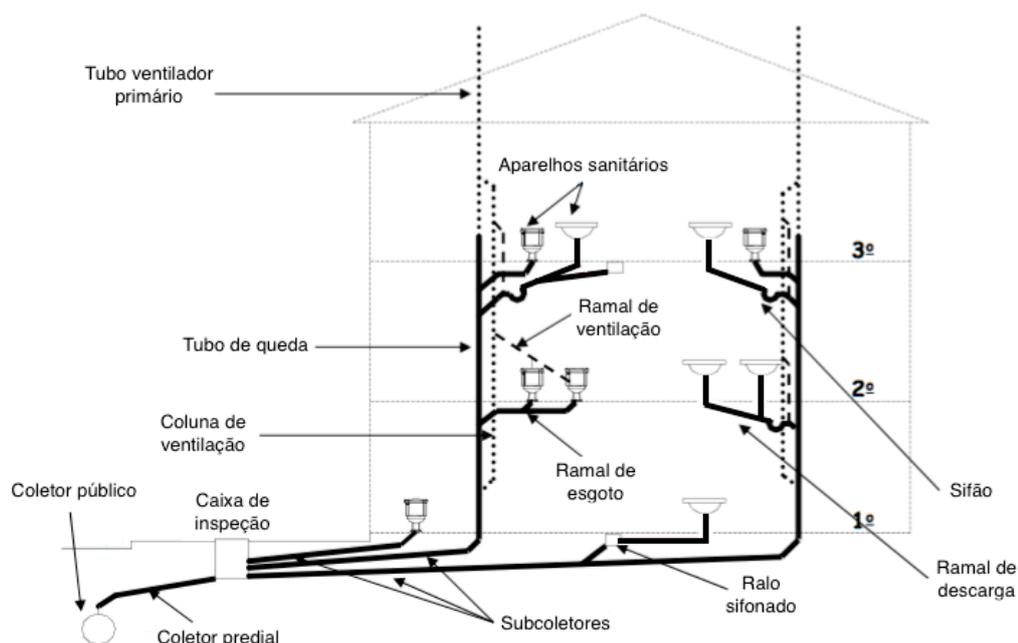
3.23 instalação primária de esgoto: Conjunto de tubulações e dispositivos onde têm acesso gases provenientes do coletor público ou dos dispositivos de tratamento.

3.24 instalação secundária de esgoto: Conjunto de tubulações e dispositivos onde não têm acesso gases provenientes do coletor público ou dos dispositivos de tratamento.

[...]

A figura 5 ilustra um sistema predial de esgoto sanitário típico de uma edificação residencial. Nela, as tubulações são representas conforme sua classificação e os componentes existentes são identificados.

Figura 5 – Componentes de um sistema predial de esgoto sanitário



(fonte: adaptado de trabalho não publicado²)

Os principais componentes que pertencem ao subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário são os aparelhos sanitários, desconectores, dentre eles sifão e ralo sifonado, ralo simples, ramais de descarga e de esgoto, tubos de queda, subcoletores, coletor predial, caixas de gordura, de inspeção e de passagem. A NBR 8160 os define conforme a seguir (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 2-3):

² Apostila Instalações prediais de esgoto sanitário da disciplina IPH 209 – Instalações Hidrossanitárias do professor Juan Martín Bravo disponível no site <<http://moodleinstitucional.ufrgs.br>> para alunos do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul que cursaram a disciplina em 2015.

- a) aparelho sanitário é o “Aparelho ligado à instalação predial e destinado ao uso de água para fins higiênicos ou a receber dejetos ou águas servidas.”;
- b) desconector é o “Dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto.”;
- c) sifão é o “Desconector destinado a receber efluentes do sistema predial de esgoto sanitário.”;
- d) ralo sifonado é o “Recipiente dotado de desconector, com grelha na parte superior, destinado a receber águas de lavagem de pisos ou de chuveiro.”;
- e) ralo seco é o “Recipiente sem proteção hídrica, dotado de grelha na parte superior, destinado a receber águas de lavagem de pisos ou de chuveiro.”;
- c) ramal de descarga é a “Tubulação que recebe diretamente os efluentes de aparelhos sanitários.”;
- d) ramal de esgoto é a “Tubulação primária que recebe os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de um desconector.”;
- e) tubo de queda é a “Tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga.”;
- f) subcoletor é a “Tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto.”;
- g) coletor predial é o “Trecho de tubulação compreendido entre a última inserção de subcoletor, ramal de esgoto ou de descarga, ou caixa de inspeção geral e o coletor público ou sistema particular.”;
- h) caixa de gordura é a “Caixa destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma.”;
- i) caixa de inspeção é a “Caixa destinada a permitir a inspeção, limpeza, desobstrução, junção, mudanças de declividade e/ou direção das tubulações.”;
- j) caixa de passagem é a “Caixa destinada a permitir a junção de tubulações do subsistema de esgoto sanitário.”.

A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 3) apresenta o subsistema de ventilação dividido em ventilação primária, como sendo a “Ventilação proporcionada pelo ar que escoar pelo núcleo do tubo de queda, o qual é prolongado até a atmosfera, constituindo a tubulação de ventilação primária.” e ventilação secundária, como sendo a “Ventilação proporcionada pelo ar que escoar pelo interior de colunas, ramais ou barriletes de ventilação, constituindo a tubulação de ventilação secundária.”. Os principais componentes pertencentes a este subsistema são os ramais de ventilação, colunas de ventilação, tubulação de ventilação primária, tubulação de ventilação

secundária, e, opcionalmente, um barrilete de ventilação, e são definidos conforme a seguir (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 2-3):

- a) ramal de ventilação é o “Tubo ventilador que interliga o desconector, ou ramal de descarga, ou ramal de esgoto de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou a um tubo ventilador primário.”;
- b) coluna de ventilação é o “Tubo ventilador vertical que se prolonga através de um ou mais andares e cuja extremidade superior é aberta à atmosfera, ou ligada a tubo ventilador primário ou a barrilete de ventilação.”;
- c) tubulação de ventilação primária é o “Prolongamento do tubo de queda acima do ramal mais alto a ele ligado e com extremidade superior aberta à atmosfera situada acima da cobertura do prédio [...]”;
- d) tubulação de ventilação secundária é o “Conjunto de tubos e conexões com a finalidade de promover a ventilação secundária do sistema predial de esgoto sanitário [...]”;
- e) barrilete de ventilação é a “Tubulação horizontal com saída para a atmosfera em um ponto, destinada a receber dois ou mais tubos ventiladores.”.

3.3 DIRETRIZES DE PROJETO

O Decreto n. 2.181 (BRASIL, 1997), no artigo 12, estabelece como prática infrativa:

[...]

IX – colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço:

- a) em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes, ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO;

[...]

Com isso, torna-se fundamental que a elaboração do projeto do sistema predial de esgoto sanitário siga as prescrições da NBR 8160/1999. Esta Norma indica que deve-se cumprir os seguintes requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 3-4):

- a) evitar a contaminação da água, de forma a garantir a sua qualidade de consumo, tanto no interior dos sistemas de suprimento e de equipamentos sanitários, como nos ambientes receptores;
- b) permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações;

- c) impedir que os gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário atinjam áreas de utilização;
- d) impossibilitar o acesso de corpos estranhos ao interior do sistema;
- e) permitir que os seus componentes sejam facilmente inspecionáveis;
- f) impossibilitar o acesso de esgoto ao subsistema de ventilação;
- g) permitir a fixação dos aparelhos sanitários somente por dispositivos que facilitem a sua remoção para eventuais manutenções.

Além disso, de acordo com a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 21), é fundamental que sejam “[...] definidas as responsabilidades dos intervenientes no processo e estabelecidos os procedimentos básicos para a garantia de qualidade.”. Com base nisso, esta Norma estabelece que os deveres do projetista são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 21):

- a) elaborar o projeto nas suas diversas fases conforme contratado, de acordo com esta Norma;
- b) assessorar o executor na elaboração do projeto para produção;
- c) elaborar o projeto “como construído”;
- d) assessorar o executor na elaboração dos manuais de uso, operação e manutenção.

O projetista, possuindo a responsabilidade elaborar o projeto conforme a NBR 8160/1999, deve seguir os seguintes procedimentos estabelecidos nesta Norma para garantia da qualidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 22):

- a) estudo das alternativas de traçados;
- b) verificação do atendimento ao programa de necessidades;
- c) verificação do atendimento às normas;
- d) compatibilização com os demais subsistemas;
- e) análise crítica do dimensionamento;
- f) verificação da facilidade de execução e de manutenção;
- g) verificação da adequabilidade do detalhamento da documentação e dos elementos gráficos, tendo em vista as condições de facilidade de execução do sistema;
- h) registro das não-conformidades encontradas, e das soluções adotadas, de forma a poder retroalimentar as diretrizes iniciais.

Então, como primeiro passo “É de fundamental importância uma análise minuciosa dos projetos de estrutura e arquitetura, antes de elaborar o traçado das instalações.” (CARVALHO JÚNIOR, 2011, p. 133). Este traçado deve ser realizado considerando os requisitos de conforto, segurança, economia e praticidade. Após sua realização, a verificação do atendimento ao programa de necessidades é indispensável para garantir que não haja ausência de nenhum quesito imposto.

Vianna et al. (1993, p. 61) destaca que “Projetos inadequados dessas instalações resultam em desconfortáveis efeitos, entre os quais podem ser destacados: refluxo dos esgotos, surgimento de espumas em ralos, mau cheiro nas instalações sanitárias.”. Para evitar estes problemas, conforme Creder (1977, p. 264):

Na elaboração do projeto de instalações de esgotos sanitários prediais, o projetista deve estar bem ciente da localização dos diversos aparelhos sanitários pela planta de arquitetura, da localização dos coletores públicos de esgotos e águas pluviais e dos itinerários a serem seguidos pelas tubulações, que devem ser o mais curtos e retilíneos possíveis.

Sobre a definição de traçados, “É sempre conveniente agrupar-se as instalações sanitárias, tanto quanto possível. As bacias sanitárias deverão ficar próximas às janelas ou basculantes. A melhor posição para o ralo sifonado é em posição central às demais peças, o que nem sempre coincide com a melhor estética.” (CREDER, 1977, p. 271). Cardão (1972, p. 238) instrui que “Todos os aparelhos devem ser instalados de modo a permitir fácil limpeza e remoção, bem como evitar a possibilidade de contaminação da água potável.”. Da mesma forma, Carvalho Júnior (2011, p. 118) destaca que “Os desconectores em geral [...] precisam ser posicionados em locais de fácil acesso, de modo a permitir a limpeza e manutenção periódica.”. A respeito dos ramais de descarga, Garcez (1969, p. 292) sugere:

Os ramais de descarga de lavatórios, banheiros, bidês, ralos e tanques de lavagem podem inserir-se em desconector ou caixa sifonada, em canalização secundária; os de pias de cozinha ou de copa em caixa de gordura, tubo de queda ligado à caixa de gordura, em canalização primária ou em caixa de inspeção; os de bacias sanitárias, mictórios e pias de despejos em canalização primária ou caixa de inspeção.

Outro aspecto a se levar em conta é o conforto acústico. Sobre isso, a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 4, grifo do autor) orienta que:

[...]

4.1.8 Deve ser evitada a passagem das tubulações de esgoto em paredes, rebaixos, forros falsos, etc. em ambientes de permanência prolongada. Caso não seja possível, devem ser adotadas medidas no sentido de atenuar a transmissão de ruídos para os referidos ambientes.

[...]

Para determinar a posição dos tubos de queda, deve-se levar em consideração que estes “Devem ser o mais vertical possível, empregando-se sempre curvas de raio longo nas mudanças de direção.” (CREDER, 1977, p. 272). A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 5) indica que nas situações onde mudanças de direções se façam necessárias, os ângulos formados devem ser iguais ou inferiores a 90°.

Os subcoletores e coletor predial devem ser traçados de forma a garantir escoamento por gravidade e preferencialmente não devem possuir alterações de direções. Quando estas ocorrerem, o uso de dispositivos de inspeção se faz necessário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 5). Além disso, estes componentes “[...] devem ser construídos, sempre que possível, na parte não edificada do terreno. Quando inevitável sua construção em área edificada, devem ser tomados cuidados especiais para proteção aos mesmos e fácil inspeção.” (VIANNA et al., 1993, p. 73). Por fim, sobre a conexão seguinte ao coletor predial, “O destino final dos esgotos sanitários pode ser a rede pública coletora de esgotos ou um sistema particular de recebimento e pré-tratamento em regiões (locais) que não dispõem de sistema de coleta e transporte de esgotos.” (CARVALHO JÚNIOR, 2011, p. 113).

Sobre a compatibilização com os demais sistemas, Carvalho Júnior (2011, p. 11) relata que é importante integrar todos os subsistemas da edificação. Conforme o autor:

Um projeto arquitetônico elaborado com os equipamentos adequadamente localizados, tendo em vista suas características funcionais, compatibilizado com os projetos de estrutura, fundações, instalações e outros pertinentes, é condição básica para a perfeita integração entre os vários subsistemas construtivos. O projeto de instalações prediais harmoniosamente integrado aos demais projetos do edifício permitirá fácil operação e manutenção das instalações.

A respeito da fixação das tubulações, é importante que o projeto e a execução destas instalações seja feito de modo a garantir que estas não fiquem solidárias às peças estruturais.

Além disso, uma folga em torno das tubulações que cruzam a estrutura podem auxiliar na integridade do sistema em caso de recalques nas fundações (CARDÃO, 1972, p. 237).

Por fim, a análise crítica do traçado das tubulações elaborado é fundamental. Para isso, deve-se avaliar o sistema projetado como um todo, verificando sua viabilidade e superioridade diante das outras opções possíveis. Somente com esta certeza, deve-se continuar o projeto, realizando o dimensionamento do sistema.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Dimensionar, segundo Houaiss et al. (2009, p. 686), é “[...] calcular as dimensões ou proporções de (um objeto) em função do uso [...]”. No caso do sistema de esgoto sanitário, dimensioná-lo significa realizar a determinação das tubulações e dispositivos adequados, além de estabelecer as declividades e especificações necessárias ao seu bom funcionamento.

O subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário possui como função recolher e conduzir efluentes. Com isso, ao dimensioná-lo se tem como objetivo estabelecer as dimensões que garantam que as vazões de efluentes gerados sejam adequadamente encaminhadas.

No entanto, definir a quantidade de esgoto sanitário que uma edificação irá originar não é uma atividade elementar, já que “A ocorrência intermitente de atividades individuais geradoras de efluentes podem criar grandes variações na vazão de estabelecimentos residenciais ou não.” (U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002, p. 3-7, tradução nossa). Conforme Graça e Gonçalves (1987, p. 1), “[...] é bastante improvável que todos os pontos de utilização estejam funcionando simultaneamente e a realização de um projeto baseado em tão rara circunstância conduziria a soluções francamente anti-econômicas, pois as instalações estariam, em grande parte do tempo, ociosas.”

Então, para determinar as dimensões de tubulações e dispositivos adequados para cada situação de projeto, utilizam-se métodos de cálculo baseados em probabilidades. A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 15) estabelece que “As tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário podem ser dimensionadas pelo método hidráulico [...] ou pelo método das unidades de Hunter de contribuição (UHC)

[...]”. Ou seja, esta Norma fornece duas opções pertencentes ao grupo de métodos “[...] cuja técnica de determinação das vazões de projeto baseia-se no emprego de tabelas, gráficos e expressões matemáticas estabelecidas a partir de conceitos probabilísticos [...]” (GRAÇA; GONÇALVES, 1987, p. 2) para dimensionar o sistema. Nos próximos itens estes métodos são apresentados.

3.4.1. Método das unidades de Hunter de contribuição

Conforme a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 3), a unidade de Hunter de contribuição é o “Fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário.”. Azevedo Netto et al. (1998, p. 582) apresenta as características deste fator:

A UHC, também chamada de unidade de descarga, é um fator probabilístico numérico representando a frequência habitual de utilização, a vazão típica e a simultaneidade de funcionamento de aparelhos sanitários em hora de maior contribuição do hidrograma diário. Numericamente, 1 (uma) UHC corresponde à descarga de um lavatório residencial [...]

A unidade de Hunter de contribuição possui esta denominação em função do seu autor. Conforme George (2001b, p. 50, tradução nossa), “Em 1932, Dr. Roy B. Hunter descreveu o fluxo de esgoto em grandes quantidades de tubulações, seguindo em 1940 pelo BMS 66 *Plumbing Manual*, que serviu como a base para os códigos modernos de canalizações naquele momento.”. A partir disso, o método das UHC originou-se.

Graça e Gonçalves (1987) descrevem o desenvolvimento do método realizado por Hunter. Os autores apresentam o critério através do qual, utilizando funções de distribuição de probabilidades Binomiais, a qualidade do sistema era avaliada (GRAÇA; GONÇALVES, 1987, p. 7):

O critério adotado por Hunter, baseia-se na consideração de que o sistema estará funcionando satisfatoriamente, quando for dimensionado para um número de m aparelhos em uso simultâneo, em um conjunto de n aparelhos, de um mesmo tipo, se um número maior do que m aparelhos for encontrado em uso simultâneo menos do que 1% do tempo.

A partir disto, segundo Graça e Gonçalves (1987, p. 7), gráficos do número de aparelhos em uso simultâneo e da vazão de projeto foram criados. Como consequência, foi possível “[...]”

determinar a vazão de projeto, que será superada em menos de 1% do tempo, em função do número total de aparelhos sanitários de um mesmo tipo.” (GRAÇA; GONÇALVES, 1987, p. 7). No entanto, com estes resultados, somente avaliações para sistemas com um único tipo de aparelhos sanitários era possível.

Para permitir o uso do sistema com variados aparelhos, Hunter “[...] introduziu a utilização de ‘pesos’ relativos aos diversos tipos de aparelhos, procurando estabelecer uma simplificação de procedimentos na determinação da vazão de projeto.” (GRAÇA; GONÇALVES, 1987, p. 8). A apresentação destes dados se deu a partir de dois gráficos e uma tabela. O primeiro gráfico relacionou os ‘pesos’ de cada aparelho às suas vazões e o segundo, simplificado, à vazão de projeto. Já a tabela apresenta diversos tipos de aparelhos sanitários e seus ‘pesos’ correspondentes (GRAÇA, GONÇALVES, 1987, p. 8-9).

Os resultados obtidos por Hunter foram a base para o método das unidades de Hunter de contribuição de dimensionamento do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário. Isto pode ser observado através da tabela 1, que apresenta o produto do trabalho de Roy B. Hunter, e da tabela 2, contida na NBR 8160/1999. Uma das poucas dessemelhanças entre estas tabelas é a substituição do termo ‘pesos’ pelo número de UHC.

Tabela 1 – ‘Pesos’ associados aos aparelhos sanitários obtidos por Hunter

Aparelho ou Grupo de Aparelhos	Natureza da Ocupação	Peça Controladora do Suprimento	‘Peso’
Aparelhos Conjugados	Privada	Torneira	3
Bacia Sanitária	Privada	Caixa de Descarga	3
Bacia Sanitária	Privada	Válvula de Descarga	6
Bacia Sanitária	Pública	Caixa de Descarga	5
Banheira	Privada	Torneira	2
Banheira	Pública	Torneira	4
Chuveiro	Privada	Válvula Misturadora	2
Chuveiro	Pública	Válvula Misturadora	4

continua

continuação

Aparelho ou Grupo de Aparelhos	Natureza da Ocupação	Peça Controladora do Suprimento	‘Peso’
Chuveiro Separado	Privada	Válvula Misturadora	2
Despejo	Escritório	Torneira	3
Lavatório	Pública	Torneira	1
Mictório Alongado	Pública	Caixa de Descarga	3
Mictório Alongado (de piso)	Pública	Válvula de Descarga	5
Mictório de Parede	Pública	Válvula de Descarga	10
Pia de Cozinha	Hotel ou Restaurante	Torneira	4
Pia de Cozinha	Privada	Torneira	2
Quarto de Banho	Privada	Caixa para Bacia Sanitária	6
Quarto de Banho	Privada	Válvula para Bacia Sanitária	8
Tanque	Privada	Torneira	3

(fonte: GRAÇA; GONÇALVES, 1987, p. 9)

Carvalho Júnior (2011, p. 134) apresenta a lógica do método das unidades de Hunter de contribuição:

O dimensionamento das canalizações é bastante simples. As tubulações têm diâmetro dependente do número total de UHC (unidades de Hunter de contribuição) associadas aos aparelhos sanitários a que servirem. A NBR 8160³ fixa os valores dessas unidades para os aparelhos mais comumente utilizados. A bacia sanitária, por exemplo, possui maior vazão que o lavatório. Dessa maneira, entende-se que, para vazões maiores, teremos maiores diâmetros.

Para utilização deste método, a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) orienta, para cada tipo de tubulação do sistema, o procedimento a ser efetuado para determinação dos diâmetros. As etapas descritas se baseiam no uso de tabelas que fornecem os resultados de acordo com as UHC das tubulações.

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

Tabela 2 – Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga

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

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

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela [...] [4]).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 16)

O ramal de descarga, conforme a NBR 8160/1999, deve ter diâmetro definido a partir dos valores mínimos para cada aparelho sanitário descritos na tabela 2. No caso dos aparelhos não contidos nesta tabela, o diâmetro é determinado a partir de uma estimativa para as UHC e utilização da tabela 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 16).

Tabela 3 – Unidades de Hunter de contribuição para aparelhos não relacionados na tabela 2

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17)

A determinação dos diâmetros dos ramais de esgoto é feita a partir da quantidade de UHC considerada em cada trecho. Para isso, utiliza-se a tabela 4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 16).

Tabela 4 – Dimensionamento de ramais de esgoto

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17)

Conforme a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17), o diâmetro do tubo de queda é normalmente definido a partir do uso da tabela 5 onde entra-se com informações sobre a quantidade de pavimentos do prédio e o número máximo de UHC. No entanto, esta Norma ressalta os seguintes casos especiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17, grifo do autor):

[...]

5.1.3.2 Quando apresentarem desvios da vertical, os tubos de queda devem ser dimensionados da seguinte forma:

- a) quando o desvio formar ângulo igual ou inferior a 45° com a vertical, o tubo de queda é dimensionado com os valores indicados na tabela [...] [5];
- b) quando o desvio formar ângulo superior a 45° com a vertical, deve-se dimensionar:
 - 1) a parte do tubo de queda acima do desvio como um tubo de queda independente, com base no número de unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos acima do desvio, de acordo com os valores da tabela [...] [5];
 - 2) a parte horizontal do desvio de acordo com os valores da tabela [...] [6];
 - 3) a parte do tubo de queda abaixo do desvio, com base no número de unidades de Hunter de contribuição de todos os aparelhos que descarregam neste tubo de queda, de acordo com os valores da tabela [...] [5], não podendo o diâmetro nominal adotado, neste caso, ser menor do que o da parte horizontal.

[...]

Por fim, para subcoletores e coletor predial, é indicado pela NBR 8160 a utilização da tabela 6 para determinação de diâmetros nominais dos tubos. No entanto, esta Norma destaca (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17, grifo do autor):

[...]

5.1.4.2 No dimensionamento do coletor predial e dos subcoletores em prédios residenciais, deve ser considerado apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro para a somatória do número de unidades de Hunter de contribuição.

Nos demais casos, devem ser considerados todos os aparelhos contribuintes para o cálculo do número de UHC.

[...]

Tabela 5 – Dimensionamento de tubos de queda

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 18)

Tabela 6 – Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 18)

3.4.2 Método hidráulico

Utilizado para o dimensionamento das tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgotos sanitários, o método hidráulico é exposto no anexo B da NBR 8160/1999. Neste anexo, a Norma indica que o método é baseado nas Teses de Doutorado de Graça⁴ (1985) e Gonçalves⁵ (1986) e na Dissertação de Mestrado de Montenegro⁶ (1985) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

Para aplicação do método hidráulico, a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) indica um roteiro de cálculo para dimensionamento do coletor predial, subcoletor, tubo de queda, ramal de esgoto e ramal de descarga. Para isso, conforme esta Norma, pressupôs-se que o escoamento dos efluentes do sistema encontram-se regime permanente. Isto quer dizer que, conforme Porto (2006, p. 4), considerou-se que “[...] as propriedades e características hidráulicas, em cada ponto do espaço, foram invariantes no tempo [...]”.

As instruções para realização do dimensionamento são apresentadas nos próximos itens. Para tal, são indicadas as recomendações da NBR 8160/1999.

3.4.2.1 Dimensionamento do tubo de queda

O dimensionamento do tubo de queda conforme a NBR 8160/1999 se dá pela definição do diâmetro desta tubulação. Para isso faz-se necessário determinar o coeficiente de Manning, a taxa de ocupação de água durante o escoamento e a vazão de projeto dos tubos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

O valor do coeficiente de Manning é encontrado em tabelas e varia conforme o tipo de material analisado. Na NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) o roteiro de cálculo destaca o uso de plástico com coeficiente de Manning

⁴ Graça (1985) – tese defendida na EPUSP intitulada “Formulação de modelo para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de esgoto sanitário”.

⁵ Gonçalves (1986) – tese defendida na EPUSP intitulada “Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de águas fria”.

⁶ Montenegro (1985) – dissertação defendida na EPUSP intitulada “Desempenho de desconectores e dimensionamento de instalações prediais de esgoto”.

igual a 0,010, já que “[...] o PVC é o material mais utilizado nos sistemas prediais de esgoto.” (CARVALHO JÚNIOR, 2011, p. 132).

A taxa de ocupação de água durante o escoamento no tubo de queda é descrita na NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 24) como “[...] a fração da seção transversal do tubo de queda respectivo ao anel de água [...]”. Esta mesma Norma indica que obtêm-se o valor desta taxa através da equação 1 e que este resultado é limitado a um terço. Na figura 6, este tipo de escoamento é ilustrado.

$$t_o = (S_e / S_{Tq}) \quad (\text{equação 1})$$

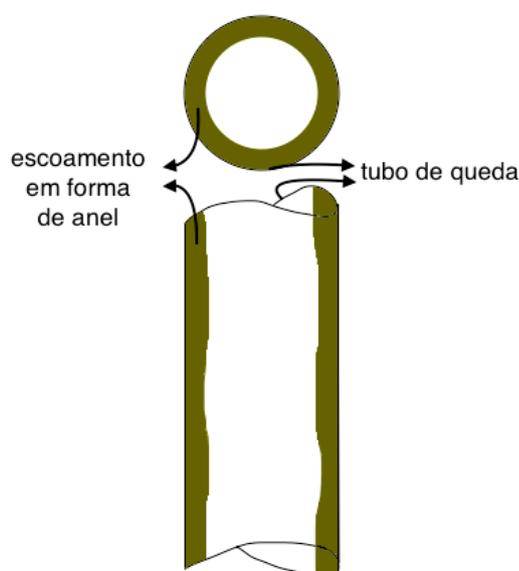
Sendo:

t_o = taxa de ocupação de água durante o escoamento no tubo de queda;⁷

S_e = área da seção transversal da coroa circular por onde escoo a água no tubo de queda;

S_{Tq} = área da seção transversal do tubo de queda.

Figura 6 – Representação do escoamento no tubo de queda



(fonte: elaborada pela autora)

⁷ Especificamente nesta fórmula a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 24) define t_o como sendo a fração da seção transversal do tubo de queda.

Para calcular a vazão do tubo de queda, deve-se determinar para cada tipo de aparelho sanitário sua vazão unitária e quantos aparelhos serão considerados em uso simultâneo. O primeiro, pode ser retirado da tabela 7. No entanto, tratam-se de valores médios e, sempre que possível, devem-se utilizar os valores especificados pelos fabricantes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 24).

Tabela 7 – Vazões unitárias dos aparelhos sanitários ¹⁾

Aparelho sanitário	Ponto de consumo	Vazão unitária L/s
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,96
	Válvula de descarga	1,70
Banheira	Misturador (água fria)	0,90
Bidê	Misturador (água fria)	0,40
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Máquina de lavar roupas ou pratos	Registro de pressão	0,30
Mictório com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
Mictório sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25
Tanque	Torneira	0,25

¹⁾ Adaptado da NBR 5626:1998.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 52)

O número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo encontra-se representado na NBR 8160/1999 pelo símbolo m_i e é obtido nesta mesma Norma a partir de tabelas semelhantes às tabelas 8 e 9, criadas utilizando distribuição binomial de probabilidades. Para escolher qual tabela utilizar e obter esta quantia de aparelhos são necessários os seguintes dados de entrada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999):

- a) quantos aparelhos de determinado tipo contribuem para o ramal de esgoto;
- b) o percentual de falha aceitável para cada tipo de aparelho sanitário, ou seja, quantas vezes será aceitável haver um defeito no funcionamento do sistema a cada cem utilizações;
- c) o intervalo médio de tempo entre descargas consecutivas para cada tipo de aparelho sanitário utilizado;
- d) duração média da descarga de cada tipo de aparelho sanitário do sistema.

Possuindo todos os valores necessários, calcula-se a vazão de projeto no tubo de queda. A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 24) indica que, para isso, utilize-se a equação 2:

$$Q_{Tq} = \sum_{i=1}^n (m_i \times q_i) \quad (\text{equação 2})$$

Sendo:

Q_{Tq} = vazão de projeto no tubo de queda;

n = número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado;

m_i = número de aparelhos sanitários, do tipo i , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha;

q_i = vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo i .

Tabela 8 – Número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo com intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 5 min e fator de falha = 1,0%

	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
n=1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
n=2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
n=3	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
n=4	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4
n=5	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
n=6	2	2	3	3	3	4	5	6	6	6	6	6

continua

continuação

	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
n=7	2	2	3	3	4	5	5	7	7	7	7	7
n=8	2	3	3	4	4	5	6	8	8	8	8	8
n=9	2	3	3	4	4	5	6	9	9	9	9	9
n=10	2	3	4	4	5	6	7	10	10	10	10	10
n=11	2	3	4	4	5	6	7	11	11	11	11	11
n=12	2	3	4	5	5	7	8	12	12	12	12	12
n=13	2	3	4	5	6	7	8	13	13	13	13	13
n=14	3	4	4	5	6	8	9	14	14	14	14	14
n=15	3	4	5	5	6	8	9	15	15	15	15	15
n=16	3	4	5	6	7	8	10	16	16	16	16	16
n=17	3	4	5	6	7	9	10	17	17	17	17	17
n=18	3	4	5	6	7	9	11	18	18	18	18	18
n=19	3	4	5	6	7	9	11	19	19	19	19	19
n=20	3	4	6	7	8	10	12	20	20	20	20	20
n=25	3	5	6	8	9	12	14	25	25	25	25	25
n=30	4	6	7	9	10	13	16	30	30	30	30	30
n=35	4	6	8	10	11	15	18	35	35	35	35	35
n=40	5	7	9	11	13	17	20	40	40	40	40	40
n=45	5	7	10	12	14	18	23	45	45	45	45	45
n=50	5	8	10	13	15	20	25	50	50	50	50	50

NOTA - n é o número total de aparelhos contribuintes ao ramal de esgoto.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 25)

Tabela 9 – Número de aparelhos a serem considerados em uso simultâneo com intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas = 60 min e fator de falha = 1,0%

	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
n=1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
n=2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
n=3	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
n=4	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4
n=5	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
n=6	1	2	3	3	3	4	5	6	6	6	6	6
n=7	1	2	3	3	4	5	5	7	7	7	7	7
n=8	1	3	3	4	4	5	6	8	8	8	8	8
n=9	1	3	3	4	4	5	6	9	9	9	9	9
n=10	1	3	4	4	5	6	7	10	10	10	10	10
n=11	1	3	4	4	5	6	7	11	11	11	11	11
n=12	1	3	4	5	5	7	8	12	12	12	12	12
n=13	1	3	4	5	6	7	8	13	13	13	13	13
n=14	1	4	4	5	6	8	9	14	14	14	14	14
n=15	1	4	5	5	6	8	9	15	15	15	15	15
n=16	1	4	5	6	7	8	10	16	16	16	16	16
n=17	1	4	5	6	7	9	10	17	17	17	17	17
n=18	1	4	5	6	7	9	11	18	18	18	18	18
n=19	1	4	5	6	7	9	11	19	19	19	19	19
n=20	1	4	6	7	8	10	12	20	20	20	20	20
n=25	1	5	6	8	9	12	14	25	25	25	25	25
n=30	1	6	7	9	10	13	16	30	30	30	30	30
n=35	1	6	8	10	11	15	18	35	35	35	35	35
n=40	1	7	9	11	13	17	20	40	40	40	40	40

continua

continuação

	Duração média da(s) descarga(s) em segundos											
	10	20	30	40	50	75	100	300	350	400	450	500
n=45	1	7	10	12	14	18	23	45	45	45	45	45
n=50	1	8	10	13	15	20	25	50	50	50	50	50

NOTA - n é o número total de aparelhos contribuintes ao ramal de esgoto.

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 33)

Com todas as etapas anteriores calculadas, determina-se o diâmetro do tubo de queda conforme a equação 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 24):

$$D_{Tq} = (0,116 \times n^{3/8} \times Q_{Tq}^{3/8}) / (to^{5/8}) \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

D_{Tq} = diâmetro interno do tubo de queda;

Q_{Tq} = vazão de projeto no tubo de queda;

n = coeficiente de Manning;

to = taxa de ocupação de água durante o escoamento no tubo de queda.

3.4.2.2 Dimensionamento do ramal de descarga, e de esgoto, subcoletores e coletor predial

A determinação dos diâmetros dos ramais de descarga, e de esgoto, dos subcoletores e do coletor predial seguindo a NBR 8160 é feita a partir dos valores de vazões, declividades e coeficiente de Manning das tubulações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999). Este último é definido de forma análoga à descrita no item 3.4.2.1.

A declividade das tubulações é definida pelo projetista a partir das recomendações da NBR 8160/1999. Conforme esta Norma, para ramais de descarga e de esgoto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 4, grifo do autor):

[...]

4.2.3.2 Recomendam-se as seguintes declividades mínimas:

a) 2% para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75;

b) 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior 100.

[...]

Para subcoletores e coletor predial, a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 5, grifo do autor) orienta que:

[...]

4.2.5.2 Todos os trechos horizontais devem possibilitar escoamento dos efluentes por gravidade, devendo, para isso apresentar uma declividade constante, respeitando os os valores mínimos previstos em 4.2.3.2

A declividade máxima a ser considerada é de 5%.

[...]

O passo seguinte é a determinação da vazão de cada tubulação. A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 53) indica que os subcoletores possuem vazões iguais aos tubos de quedas a eles conectados.

Para o ramal de descarga, a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 52) determina uma vazão igual à do aparelho sanitário a ele conectado. Isto ocorre, pois todos os efluentes que saem do aparelho obrigatoriamente passam por esta tubulação. Além disso, esta Norma apresenta a tabela 10 e explica que nela os “[...] valores de vazão máxima no ramal de descarga, Q_e , em função de diversos diâmetros nominais e declividades, sendo $n = 0,010$ (tubulação plástica), considerando-se escoamento à meia seção.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 53) são expostos.

O cálculo da vazão do ramal de esgoto e do coletor predial é realizado de forma semelhante. Para isso, se faz uso da equação 4. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 53):

$$Q_e = \sum_{i=1}^n (m_i \times q_i) \quad (\text{equação 4})$$

Sendo:

Q_e = vazão no trecho considerado;

n = número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado;

m_i = número de aparelhos sanitários, do tipo i , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha;

q_i = vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo i .

Tabela 10 – Vazão máxima no ramal de descarga para escoamento à meia seção e $n=0,010$ (tubulação plástica) ¹⁾

DN	Declividade %				
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
40	-	-	0,416	0,507	0,585
50	-	-	0,754	0,923	1,053
75	-	-	2,210	2,704	3,120
100	3,367	4,121	4,758	5,824	6,721
150	9,906	12,142	14,014	17,160	19,825

¹⁾ A vazão de projeto referente a outros materiais pode ser obtida multiplicando-se estes valores pelos seguintes coeficientes, devendo ser observada a restrição de $\geq ds$ (diâmetro da seção de saída do sifão) a fim de evitar o estrangulamento na saída do desconector:

- ferro fundido novo: 0,833 ($n = 0,012$);

- ferro fundido usado: 0,769 ($n = 0,013$).

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 53)

A aplicação da equação 4 é análoga à utilizada para o dimensionamento do tubo de queda no item 3.4.2.1. No entanto, para os ramais de esgoto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999, p. 53) expõe que somente em caso de uso congestionado destas tubulações o número de aparelhos sanitários a serem considerados em uso simultâneo poderá ser de origem tabelada. No caso oposto, é regulamentado o seguinte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 53):

[...]

2 Para uso normal, devido às características peculiares de utilização, o valor de m_i deve ser estipulado pelo projetista do sistema predial de esgoto sanitário e não

determinado pela referida tabela, uma vez que nestes casos o número de aparelhos sanitários instalados é muito pequeno.

[...]

Por fim, para a determinação do diâmetro dos ramais de descarga, ramais de esgoto, subcoletores e coletor predial, deve-se definir como se dará o escoamento nestas tubulações. Este pode ser considerado a 3/4 do diâmetro ou a meia seção. Conforme esta definição, utilizam-se, respectivamente, as seguintes equações 5 e 6 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 52):

$$d_e = (n^{3/8} \times Q_e^{3/8} \times l^{-3/16}) / (8,32) \quad (\text{equação 5})$$

$$d_e = (n^{3/8} \times Q_e^{3/8} \times l^{-3/16}) / (6,644) \quad (\text{equação 6})$$

Sendo:

d_e = diâmetro do trecho considerado;

n = coeficiente de Manning;

Q_e = vazão no trecho considerado;

l = declividade do trecho considerado.

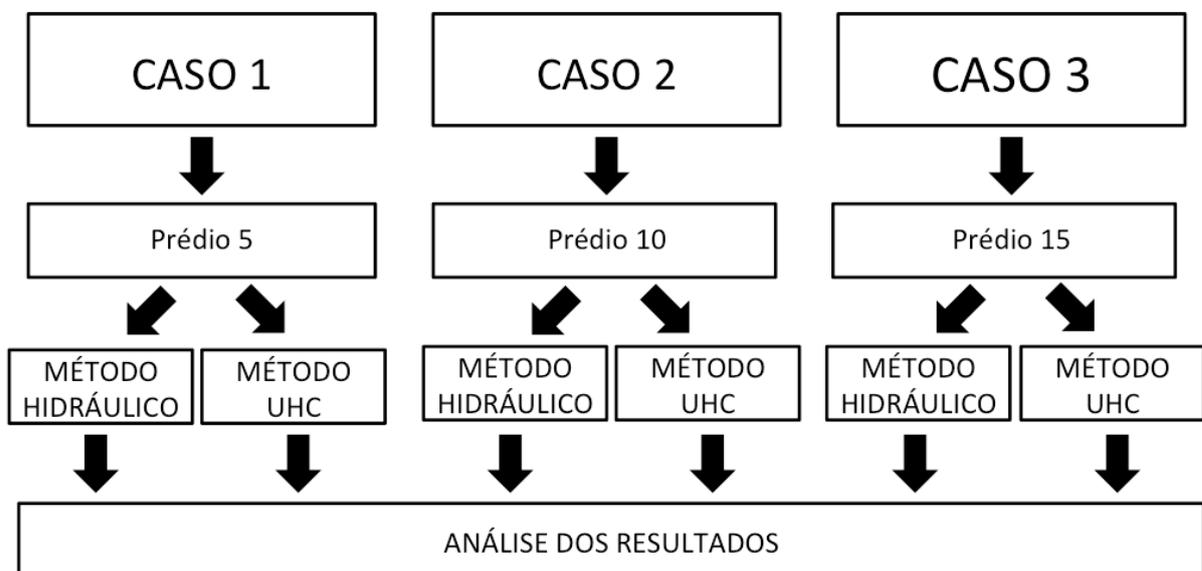
4 ESTUDO DE CASOS

Com o intuito de cumprir o objetivo principal deste trabalho de comparar o dimensionamento de sistemas prediais de esgoto sanitário pelos métodos hidráulico e das unidades de Hunter de contribuição, fez-se necessária a definição de casos a serem analisados e a criação dos respectivos projetos, seguindo as indicações da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999). Nos itens a seguir, a metodologia, os objetos estudados, os dimensionamentos, os quantitativos e os custos são apresentados.

4.1 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado no trabalho foi o estudo de caso múltiplo no qual optou-se pela avaliação de três casos. Para isso, conforme ilustra a figura 7, foram criadas três edificações hipotéticas denominadas de Prédio 5, Prédio 10 e Prédio 15 e, pra cada uma delas, o sistema predial de esgoto sanitário foi dimensionado pelos dois métodos anteriormente descritos. Posteriormente, no capítulo 5, foi apresentada a análise dos resultados obtidos.

Figura 7 – Diagrama esquemático da metodologia da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

4.2 OBJETOS DE ESTUDO

Os objetos de estudo deste trabalho foram três edificações residenciais hipotéticas situadas na cidade de Porto Alegre/RS. Para facilitar a identificação, em cada caso, o edifício recebeu como nome a palavra ‘Prédio’ seguida do número de pavimentos tipo nele contido, ou seja, as denominações foram Prédio 5, Prédio 10 e Prédio 15, já que estes possuem, respectivamente 5, 10 e 15 pavimentos tipo. É válido salientar que a decisão de estudar estes três casos foi tomada com o objetivo de avaliar se a diferença na quantidade de andares entre as edificações influenciará na relação entre os resultados dos métodos hidráulico e das UHC.

Conforme dito, as três edificações possuem diferentes quantidades de pavimentos. No entanto, tratam-se de estruturas muito semelhantes, visto que possuem as mesmas plantas de térreo, pavimento tipo e cobertura, possuindo como única diferença a variação na quantidade de repetições do pavimento tipo. Esta situação é ilustrada na figura 8.

Figura 8 – Ilustração dos Prédios 5, 10 e 15

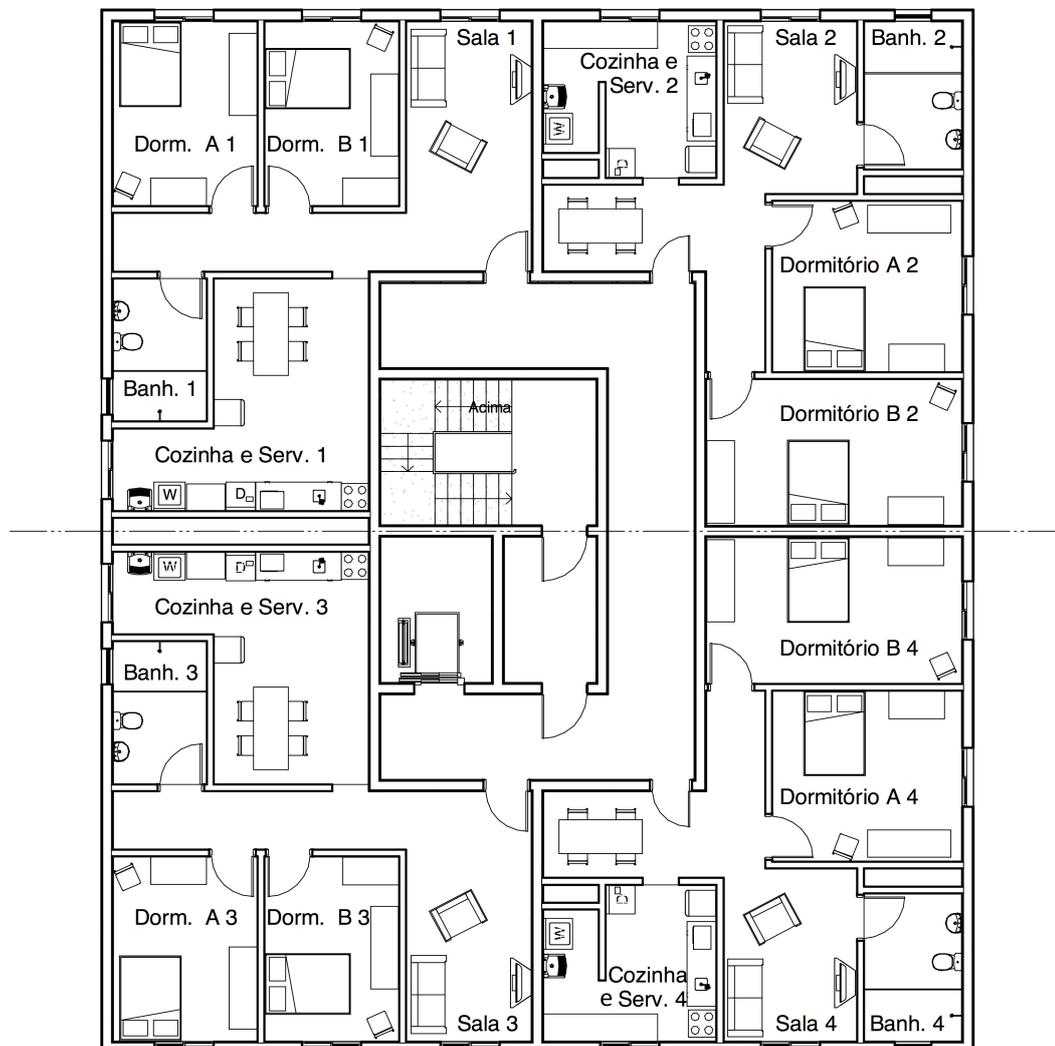


(fonte: elaborada pela autora)

O pavimento tipo existente nos três prédios estudados é composto de quatro apartamentos com dois dormitórios em cada. Optou-se por estudar esta situação, pois segundo o “[...] 18º Censo do Mercado Imobiliário de Porto Alegre, os apartamentos de dois dormitórios representaram a grande maioria da oferta [de imóveis novos em 2015], assim como havia sido observado em anos anteriores.” (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2015, p. 5).

A figura 9 apresenta a planta baixa do pavimento tipo dos casos estudados. Conforme ilustrado, existem dois modelos de apartamentos espelhados a partir de um eixo central de simetria, totalizando quatro unidades por andar.

Figura 9 – Planta baixa do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15



*Dorm. = Dormitório **Banh. = Banheiro ***Serv. = Área de Serviço

(fonte: elaborada pela autora)

Em cada um dos apartamentos há uma cozinha e área de serviço conjugadas, uma sala, dois dormitórios e um banheiro. Nas cozinhas e áreas de serviço conjugadas, os aparelhos sanitários existentes são a pia, a máquina de lavar louças, o tanque e a máquina de lavar roupas. Já nos banheiros encontram-se presentes a bacia sanitária, o chuveiro e o lavatório.

No térreo das três edificações existem o *hall* de entrada e as vagas de estacionamento. Já as coberturas são lajes de uso técnico e da manutenção. No entanto, estes dois andares não influenciam diretamente no dimensionamento do sistema predial de esgoto sanitário, pois ambos não possuem pontos de geração de efluentes.

A planta baixa de cada pavimento encontra-se detalhada no Apêndice A. Somado a elas, encontram-se representações de vistas 3D em perspectiva dos projetos arquitetônicos.

4.3 DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

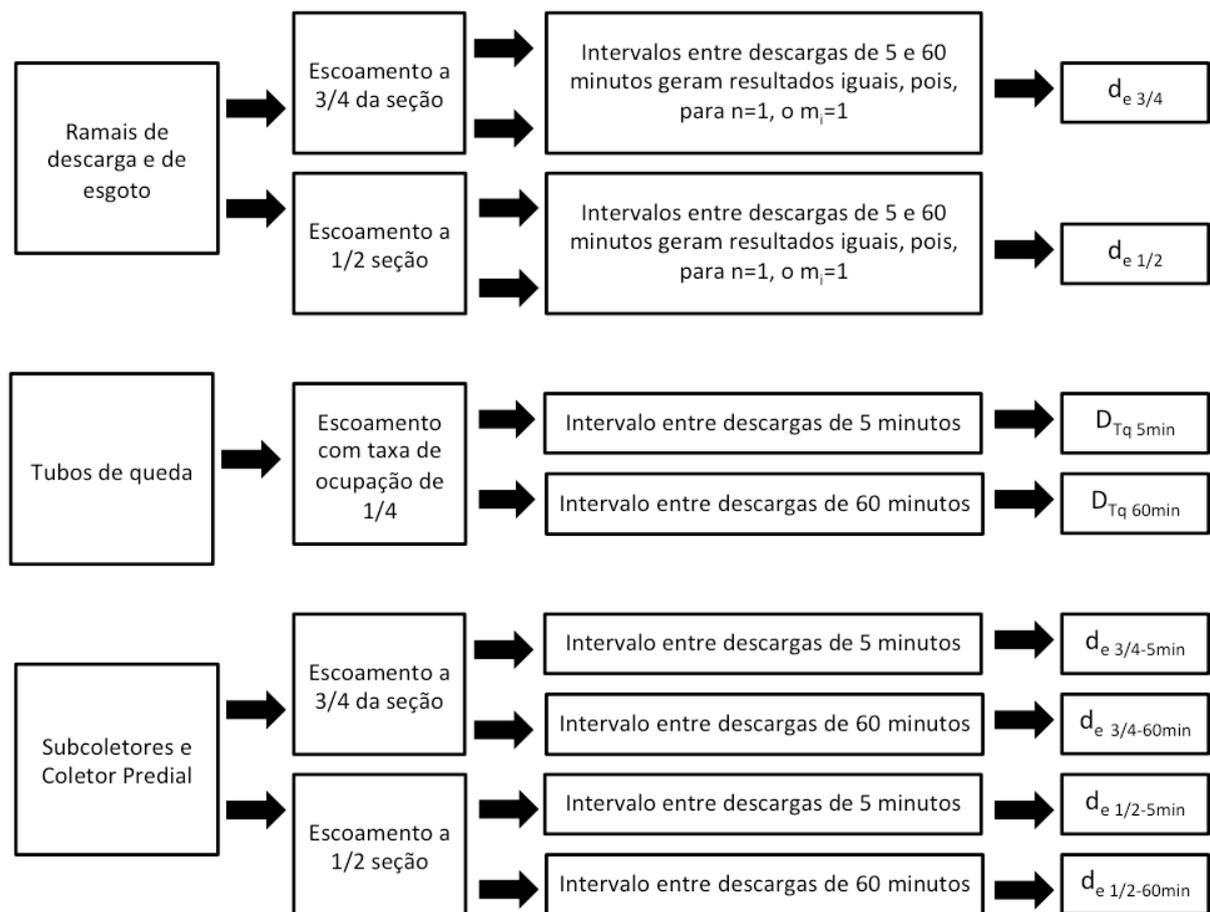
Como primeiro passo para a realização dos projetos, analisou-se a localização dos imóveis e as exigências legais em decorrência disso. Após, fez-se uma avaliação dos ambientes a serem trabalhados e a realização das definições necessárias. A partir disso, então, o desenvolvimento dos projetos se concretizou através do estabelecimento dos traçados das tubulações e do dimensionamento das mesmas.

Conforme já explicado, três edificações foram estudadas e, para cada uma, as tubulações do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário foram dimensionadas pelos métodos das unidades de Hunter de contribuição e hidráulico. Com o primeiro método, foram feitos os três dimensionamentos correspondentes aos Prédios 5, 10 e 15. No entanto, com o método hidráulico, cada uma das edificações foi dimensionada de mais de uma forma. Este fato ocorreu, pois neste método existem diversas variáveis que influenciam nos resultados e optou-se por definir diferentes opções a fim de avaliar as diferenças.

Assim, cada uma das tubulações dos Prédios 5, 10 e 15, foram dimensionadas pelo método hidráulico conforme esquematiza a figura 10. Isto se deu porque os diâmetros dos ramais de descarga, e de esgoto, subcoletores e coletor predial foram dimensionados para escoamentos a 3/4 e a 1/2 seção das tubulações, conforme a NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 52) permite. Já para os tubos de queda, esta mesma Norma

aceita que se defina livremente a taxa de ocupação de água, to, desde que não ultrapasse 1/3 da seção, tendo sido adotado, então, o valor de 1/4. Além disso, para o cálculo das vazões, é necessário definir o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de cada aparelho sanitário. Como este valor varia muito de acordo com as características dos moradores das edificações, optou-se por utilizar os valores mínimos e máximos disponibilizados pela NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), ou seja, usar 5 e 60 minutos.

Figura 10 – Variações do dimensionamento hidráulico para cada um dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

Por não ser o enfoque do trabalho, mas ser parte integrante dos projetos, o subsistema de ventilação foi previsto com a existência de ventilação primária e secundária. Seu dimensionamento é apresentado no Apêndice B.

Os dispositivos complementares de cada um dos casos estudados encontram-se dimensionados no Apêndice C. A influência destes é secundária, pois, para cada caso, chegou-se a um único resultado tanto para o projeto dimensionado pelo método hidráulico quanto pelo das UHC.

4.3.1 Análise dos casos estudados

Por se tratarem de casos estudados para a cidade de Porto Alegre, os prédios em questão respeitaram as instruções do Decreto n. 9369 (PORTO ALEGRE, 1988, p. 3) que “[...] estabelece normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgoto sanitário prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos.” e do Decreto n. 12.471 (PORTO ALEGRE, 1999) que altera parcialmente o anterior. Conciliável a isso, as indicações da NBR 8160: sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) foram seguidas.

Para o desenvolvimento dos projetos, os locais dos aparelhos sanitários ilustrados no projeto arquitetônico foram utilizados como pontos de saída de efluentes e as alturas consideradas encontram-se na tabela 11. Além disso, fixou-se o uso de caixas sifonadas com grelha nos banheiros e áreas de serviço para permitir a entrada de eventuais águas provenientes do piso.

Tabela 11 – Diferença de altura entre piso e ramais de descarga dos aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Diferença de altura entre piso e ramal de descarga m
Lavatório	0,55
Chuveiro	0
Vaso sanitário	0
Pia	0,60
Máquina de lavar louças	0,55
Tanque	0
Máquina de lavar roupas	1,00

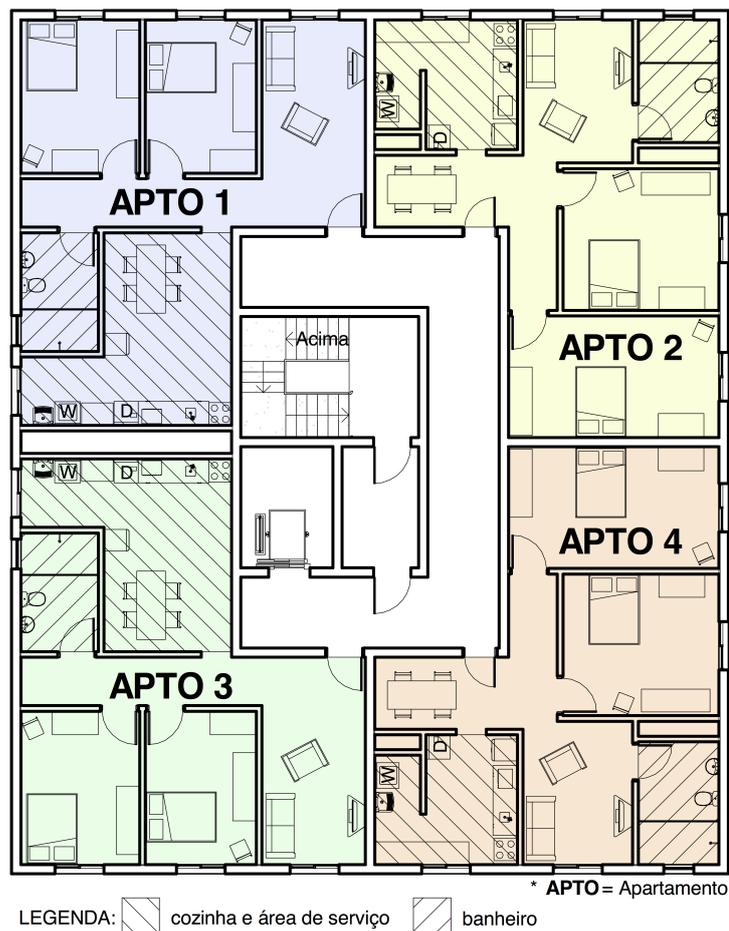
(fonte: elaborada pela autora)

4.3.2 Traçado das tubulações

Um único traçado de tubulações foi desenhado para os três casos estudados. Este fato se deve às três edificações serem muito semelhantes, possuindo como única diferença a quantidade de pavimentos. Em resumo, nos Prédios 5, 10 e 15, a localização das tubulações de esgoto sanitário é exatamente a mesma, pois tratam-se de edifícios que possuem plantas iguais.

Para definir o traçado das tubulações dos pavimentos tipo, considerou-se a localização dos *shafts* e o fato do projeto arquitetônico do pavimento tipo possuir dois modelos de apartamentos diferentes. Conforme destaca a figura 11, os banheiros e cozinhas dos apartamentos 1 e 3 são próximos, permitindo que estes ambientes utilizem tubos de queda em comum. Já os apartamentos 2 e 4 possuem cozinhas e banheiros distantes, motivando o uso de tubos de queda individuais.

Figura 11 – Esquema ilustrativo do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15



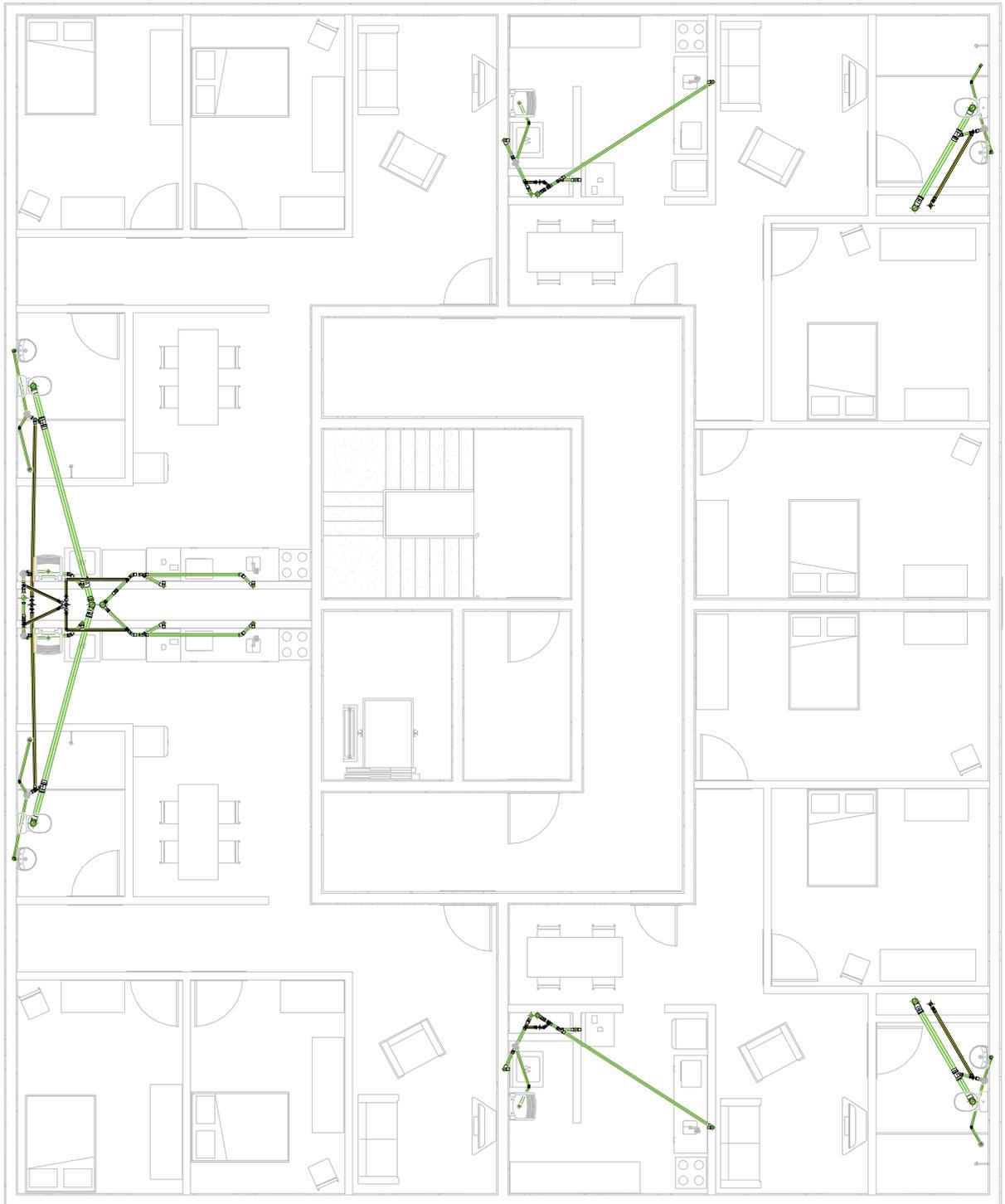
(fonte: elaborada pela autora)

Cada apartamento teve seus efluentes encaminhados por três tubos de queda, sendo um para o banheiro, um para a cozinha e um para a área de serviço. Foi utilizado um tubo de queda específico para a cozinha, pois a pia e máquina de lavar louças possivelmente receberão efluentes com gordura, exigindo tubo de queda próprio e caixa de gordura no térreo.

Optou-se por definir o trajeto das tubulações da forma mais retilínea possível e conforme as recomendações descritas no item 3.3 deste trabalho. Para a ligação dos ramais de ventilação às suas respectivas colunas de ventilação, respeitou-se a exigência da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 10) de conectá-los no mínimo 15 cm acima do mais alto nível de transbordamento dos aparelhos sanitários a eles ligados.

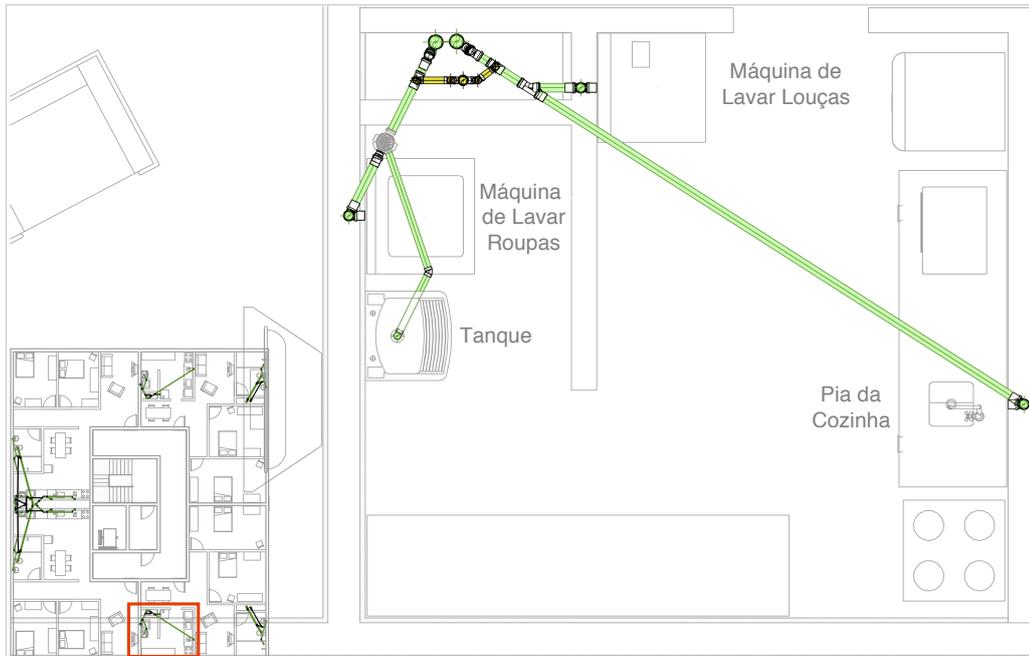
O traçado das tubulações foi desenvolvido para os apartamentos 1 e 2 e reproduzido de forma espelhada para os apartamentos 3 e 4. Na figura 12, o traçado das tubulações do pavimento tipo é apresentado e, para melhor visualização, as figuras 13 a 15 apresentam de forma ampliada as regiões que possuem tubulações de esgoto sanitário de cada um dos modelos de apartamento. As tubulações traçadas em verde fazem parte do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário e, as em amarelo, do subsistema de ventilação.

Figura 12 – Traçado das tubulações do pavimento tipo dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 13 – Traçado das tubulações da cozinha e área de serviço do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15



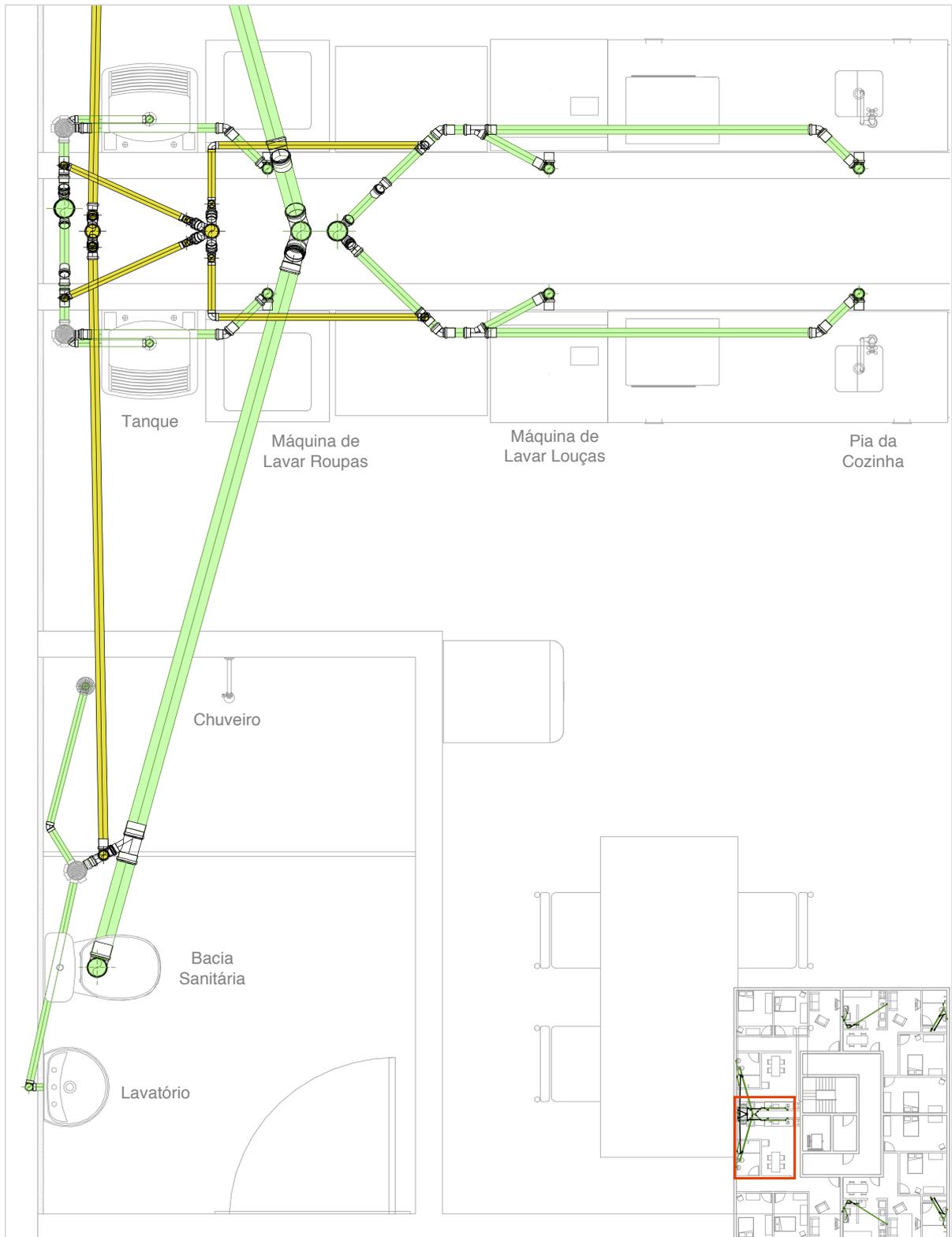
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 14 – Traçado das tubulações do banheiro do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 15 – Traçado das tubulações do apartamento 3 dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

No térreo, sendo o terreno plano e sem declividade, o desenho das tubulações iniciou a partir do ponto de chegada dos tubos de queda nos *shafts*. As tubulações verticais oriundas das áreas de serviço e banheiros foram conectadas por subcoletores a caixas de inspeção e, as oriundas das cozinhas, a caixas de gordura. Isto se deu, pois o Decreto n. 12.471 (PORTO ALEGRE, 1999, p. 7) estabelece:

Art.54 - É proibido o lançamento de resíduos gordurosos e efluentes de triturador de cozinha, sem prévio tratamento, nas redes públicas de esgoto.

§ 1o - Deve ser previsto o uso de caixa retentora de gordura nos esgotos sanitários que contenham resíduos gordurosos provenientes de pias de cozinhas, copas e churrasqueiras.

[...]

Sabendo que “[...] Não é permitido edificar sobre caixas de inspeção, poços de visita, caixas de gordura e outros acessórios da rede.” (PORTO ALEGRE, 1988, p. 14), optou-se por traçar as tubulações de forma a garantir que estes dispositivos ficassem em locais não edificados do térreo. Além disso, a distribuição das caixas foi feita de forma a cumprir as seguintes exigências da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 6):

- a) a distância entre dois dispositivos de inspeção não deve ser superior a 25,00 m;
- b) a distância entre a ligação do coletor predial com o público e o dispositivo de inspeção mais próximo não deve ser superior a 15,00 m; e
- c) os comprimentos dos trechos dos ramais de descarga e de esgoto de bacias sanitárias, caixas de gordura e caixas sifonadas, medidos entre os mesmos e os dispositivos de inspeção, não devem ser superiores a 10,00 m.

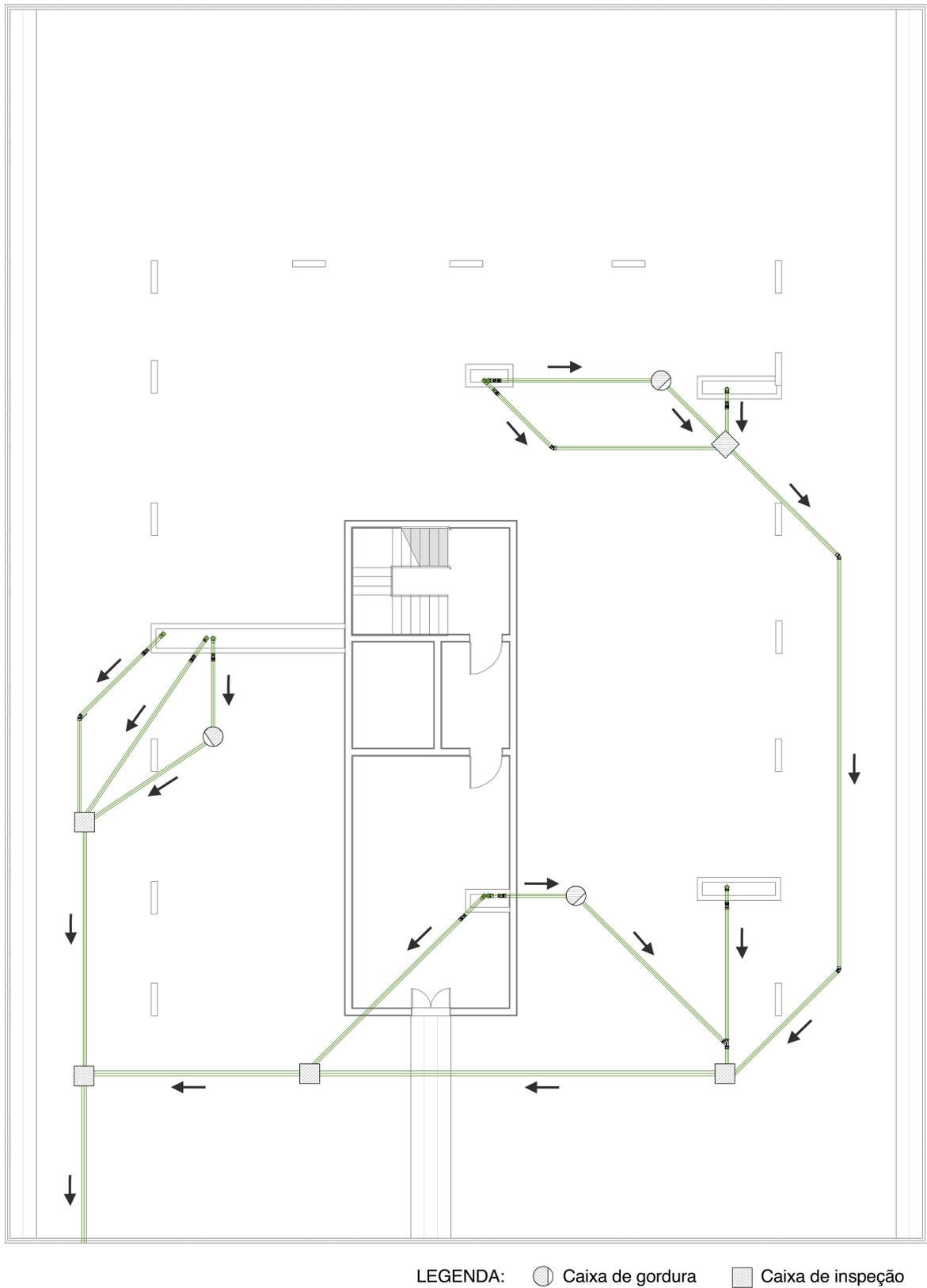
Os desvios, as mudanças de declividade e a junção de tubulações enterradas devem ser feitos mediante o emprego de caixas de inspeção ou poços de visita.

Em prédios com mais de dois pavimentos, as caixas de inspeção não devem ser instaladas a menos de 2,00 m de distância dos tubos de queda que contribuem para elas.

Optou-se pela utilização de um t^e de inspeção em cada subcoletor conectado a um tubo de queda. O objetivo foi garantir o fácil acesso ao interior das tubulações no caso de manutenção.

Na figura 16 o traçado das tubulações e dispositivos complementares do térreo são apresentados. Para facilitar a compreensão, foram adicionadas flechas indicando o sentido do fluxo dos efluentes. Por se tratar de um traçado, os tamanhos dos dispositivos são representativos e encontram-se dimensionados no Apêndice C.

Figura 16 – Traçado das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15



LEGENDA:  Caixa de gordura  Caixa de inspeção

(fonte: elaborada pela autora)

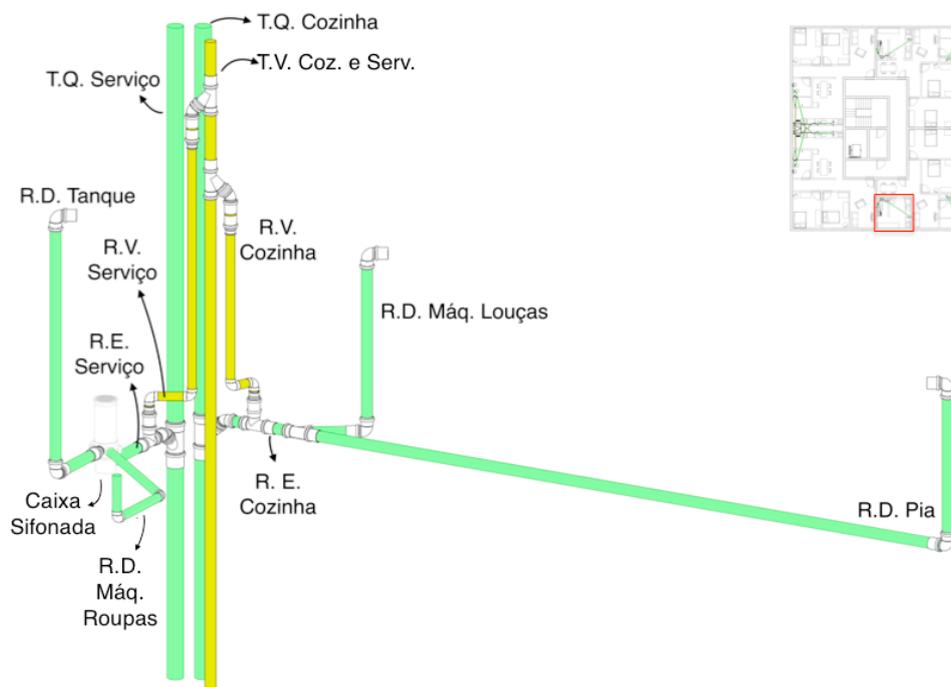
Após efetuar o traçado, a classificação de todas as tubulações foi realizada utilizando as abreviações descritas no quadro 1. O resultado é apresentado nas figuras 17 a 20 onde buscou-se apresentar as instalações de outra perspectiva para auxiliar na compreensão do projeto criado.

Quadro 1 – Significado das abreviações utilizadas na classificação

Abreviação	Significado
R.D.	Ramal de descarga
R.E.	Ramal de esgoto
R.V.	Ramal de ventilação
T.Q.	Tubo de queda
T.V.	Tubo ventilador
C.G.	Caixa de gordura
C.I.	Caixa de inspeção

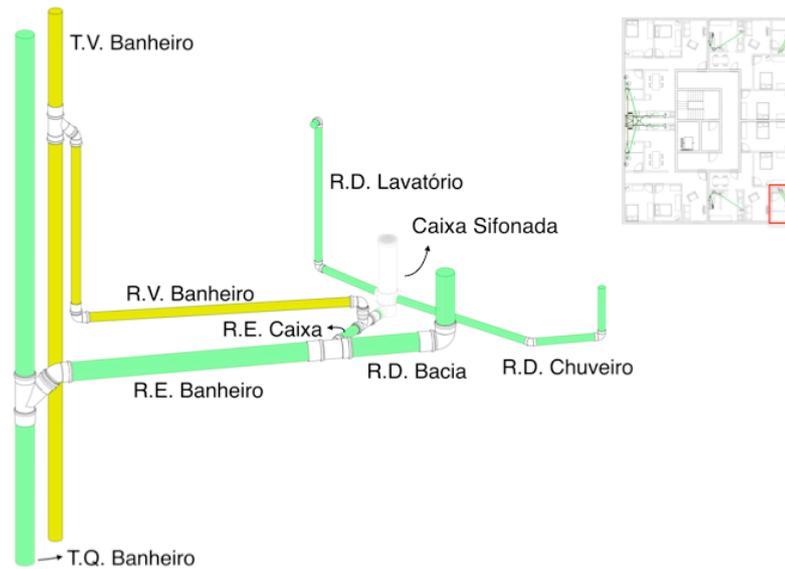
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 17 – Classificação das tubulações da cozinha e área de serviço do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15



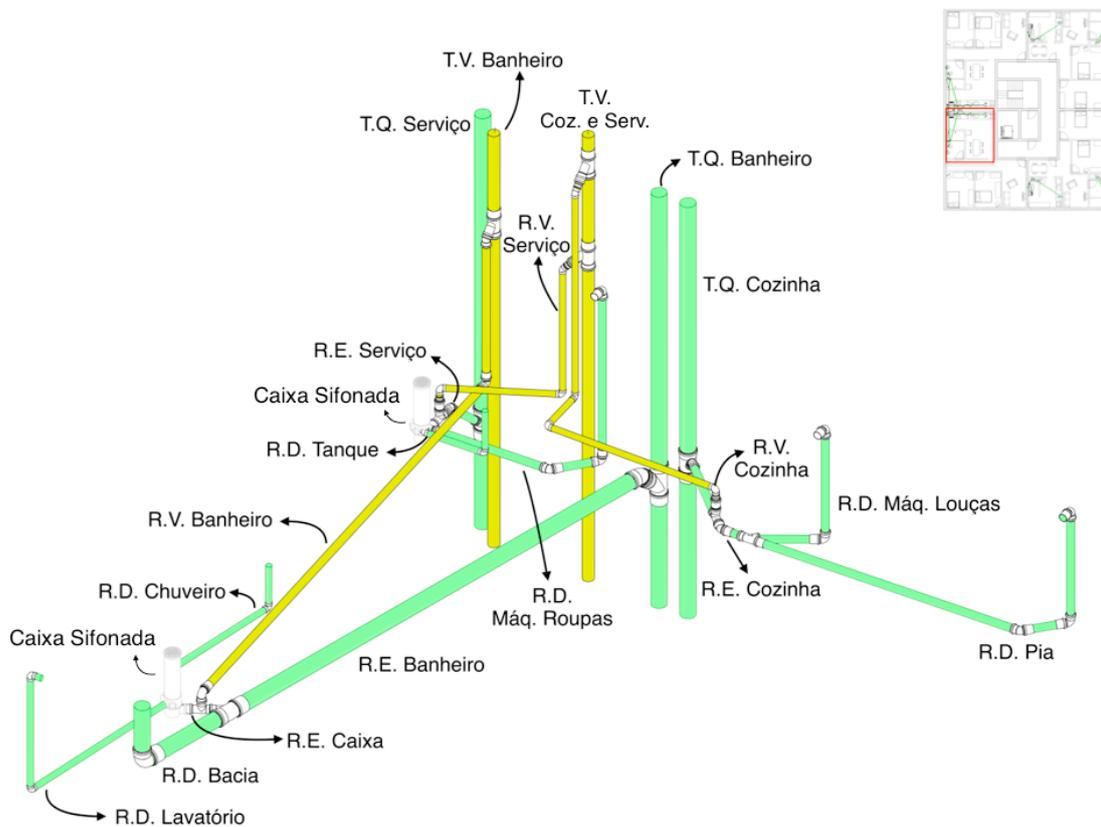
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 18 – Classificação das tubulações do banheiro do apartamento 4 dos Prédios 5, 10 e 15



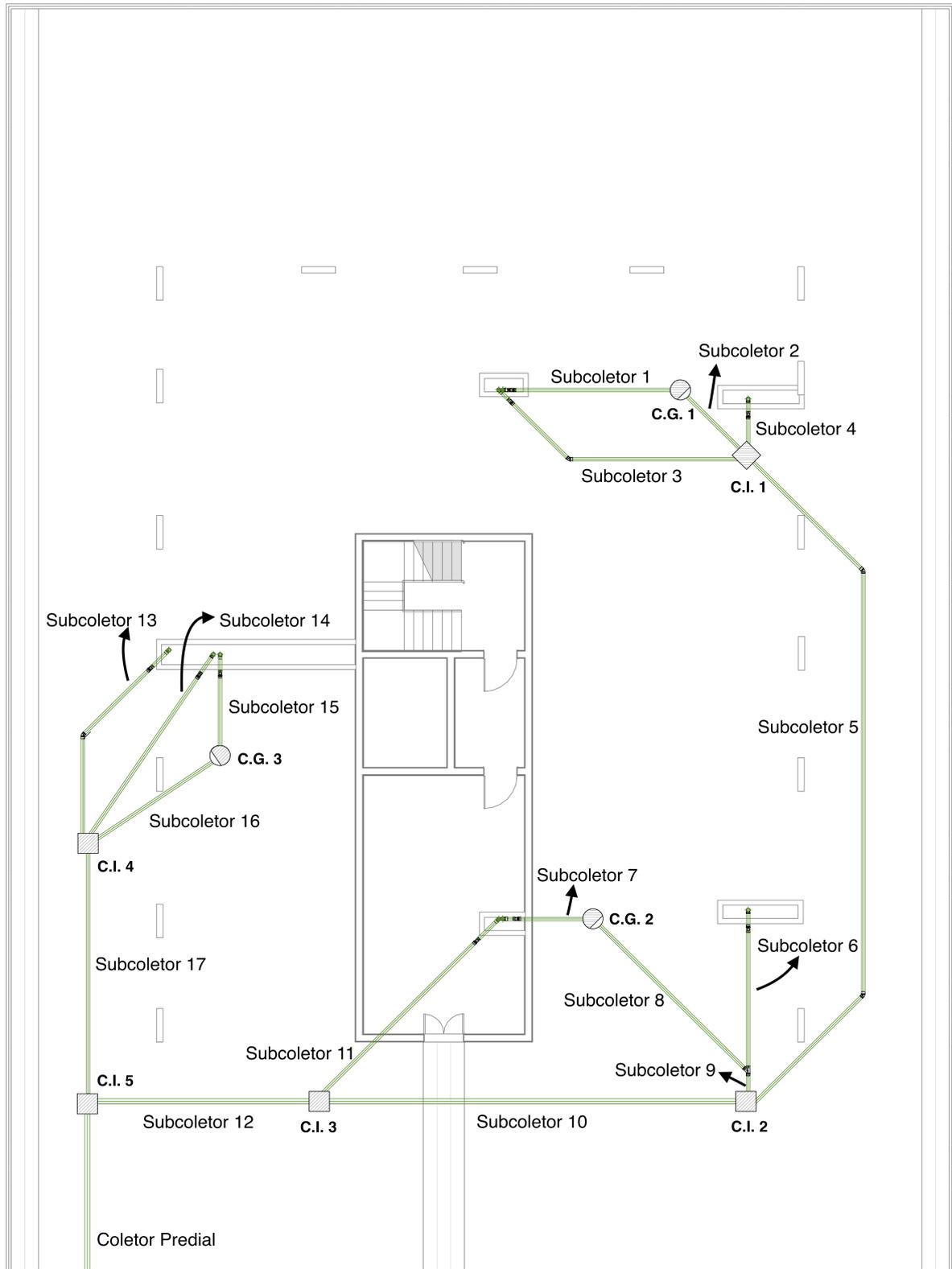
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 19 – Classificação das tubulações do apartamento 3 dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 20 – Classificação das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

4.3.3 Projetos utilizando o método das unidades de Hunter de contribuição

Com um único traçado realizado e válido para os três casos estudados, foi possível realizar o dimensionamento dos sistemas prediais de esgoto sanitário das edificações pelo método das unidades de Hunter contribuição. Para isso, foram seguidas as instruções do item 3.4.1.

Inicialmente, para dimensionar as tubulações, fez-se uma análise dos três casos estudados. Com isso, chegou-se a conclusão de que devido ao fato do pavimento tipo ser o mesmo para os Prédios 5, 10 e 15, o dimensionamento dos ramais de descarga e de esgoto é igual para todos os prédios estudados. No entanto, nos casos dos tubos de queda, subcoletores e coletor predial há diferença, pois a quantidade de pavimentos influencia nestes resultados.

Por se tratar do local de origem dos efluentes, o pavimento tipo foi o primeiro a ser dimensionado. Para isto, foram definidas as declividades de 2% para os ramais de descarga e esgoto e fez-se o somatório das UHC utilizando como referência a tabela 2. Por fim, os diâmetros nominais das tubulações foram obtidos pela consulta às tabelas 2 e 4. Na tabela 12, estes resultados são apresentados para cada um dos apartamentos do pavimento tipo, sendo eles iguais para os três edifícios estudados.

Tabela 12 – Dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos Prédios 5, 10 e 15 pelo método das UHC

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
1	Cozinha	R.D. Pia	2	3	50
		R.D. Máq. Louças	2	2	50
		R.E. Cozinha	2	5	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	3	40
		R.D. Máq. Roupas	2	3	50
		R.E. Serviço	2	6	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	6	100
		R.D. Lavatório	2	1	40
		R.D. Chuveiro	2	2	40
		R.E. Caixa	2	3	50 ¹⁾
R.E. Banheiro		2	9	100	

continua

continuação

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
2	Cozinha	R.D. Pia	2	3	50
		R.D. Máq. Louças	2	2	50
		R.E. Cozinha	2	5	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	3	40
		R.D. Máq. Roupas	2	3	50
		R.E. Serviço	2	6	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	6	100
		R.D. Lavatório	2	1	40
		R.D. Chuveiro	2	2	40
		R.E. Caixa	2	3	50 ¹⁾
R.E. Banheiro		2	9	100	
3	Cozinha	R.D. Pia	2	3	50
		R.D. Máq. Louças	2	2	50
		R.E. Cozinha	2	5	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	3	40
		R.D. Máq. Roupas	2	3	50
		R.E. Serviço	2	6	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	6	100
		R.D. Lavatório	2	1	40
		R.D. Chuveiro	2	2	40
		R.E. Caixa	2	3	50 ¹⁾
R.E. Banheiro		2	9	100	
4	Cozinha	R.D. Pia	2	3	50
		R.D. Máq. Louças	2	2	50
		R.E. Cozinha	2	5	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	3	40
		R.D. Máq. Roupas	2	3	50
		R.E. Serviço	2	6	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	6	100
		R.D. Lavatório	2	1	40
		R.D. Chuveiro	2	2	40
		R.E. Caixa	2	3	50 ¹⁾
R.E. Banheiro		2	9	100	

¹⁾ Apesar do método das UHC permitir a utilização de tubulação com diâmetro de 40 mm, utilizou-se 50 mm, pois este é o diâmetro de saída das caixas sifonadas utilizadas no projeto.

(fonte: elaborada pela autora)

A partir do somatório de UHC apresentado na tabela 12, utilizou-se a seguinte indicação da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 16) sobre as caixas sifonadas: “[...] ser de DN 100, quando receberem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 6 UHC [...]”. Com isso, optou-se pela utilização de caixas sifonadas existentes comercialmente com orifício de entrada de 40 mm, orifício de saída de 50 mm e diâmetro 100 mm.

A determinação dos diâmetros nominais dos tubos de queda é apresentada nas tabelas 13 a 15 para, respectivamente, os Prédios 5, 10 e 15. Chegou-se a estes valores partindo do somatório de todas as UHC que chegam a cada tubo, do fato de todos os edifícios possuírem mais de três pavimentos e da consulta à tabela 5.

Tabela 13 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método das UHC

Apartamentos	Trecho	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
1 e 3	T.Q. Cozinha	50	75
	T.Q. Serviço	60	75
	T.Q. Banheiro	90	100
2 e 4	T.Q. Cozinha	25	75
	T.Q. Serviço	30	75
	T.Q. Banheiro	45	100

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 14 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método das UHC

Apartamentos	Trecho	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
1 e 3	T.Q. Cozinha	100	100
	T.Q. Serviço	120	100
	T.Q. Banheiro	180	100
2 e 4	T.Q. Cozinha	50	75
	T.Q. Serviço	60	75
	T.Q. Banheiro	90	100

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 15 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método das UHC

Apartamentos	Trecho	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
1 e 3	T.Q. Cozinha	150	100
	T.Q. Serviço	180	100
	T.Q. Banheiro	270	100
2 e 4	T.Q. Cozinha	75	100
	T.Q. Serviço	90	100
	T.Q. Banheiro	135	100

(fonte: elaborada pela autora)

Para a determinação dos diâmetros nominais dos subcoletores e coletor predial, fez-se o cálculo do número máximo de UHC para cada tubulação sem esquecer de levar em conta a exigência da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 17) de que, nos banheiros, só se deve somar a contribuição do aparelho de maior descarga. Junto a isso, optou-se por utilizar as declividades de 1%, 2% e 4% de forma a obter um traçado com menor disparidade de profundidades nos dispositivos complementares. Por fim, tomou-se o cuidado de respeitar as seguintes exigências do Decreto n. 12.471 (PORTO ALEGRE, 1999, p. 7):

Art.53 – A rede predial de esgoto sanitário deverá chegar ao passeio, no máximo, 01 (um) metro de profundidade, sendo que o DMAE só executará o coletor predial, se esta condição for obedecida.

§ 1º – Os diâmetros nominais do coletor predial que o DMAE oferece são de 100 e 150 mm, sendo sempre derivado perpendicularmente ao coletor sanitário público, salvo restrições de ordem técnica, a juízo do DMAE.

[...]

As tabelas 16 a 18 apresentam os valores obtidos no dimensionamento dos subcoletores e coletor predial dos Prédios 5, 10 e 15 a partir de consultas à tabela 6. A figura 21 apresenta as declividades e cotas dos eixos das tubulações do térreo. Com isso, se verifica que o limite inferior do coletor predial, que possui 150 mm de diâmetro, será 0,96 m, não ultrapassando o limite de 1 m imposto pelo DMAE.

Tabela 16 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método das UHC

Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
Subcoletor 1	1	25	100
Subcoletor 2	1	25	100
Subcoletor 3	1	30	100
Subcoletor 4	4	30	100
Subcoletor 5	1	85	100
Subcoletor 6	4	30	100
Subcoletor 7	4	25	100
Subcoletor 8	4	25	100
Subcoletor 9	4	55	100
Subcoletor 10	1	140	100
Subcoletor 11	4	30	100
Subcoletor 12	1	170	100
Subcoletor 13	4	30	100
Subcoletor 14	4	30	100
Subcoletor 15	4	25	100
Subcoletor 16	4	25	100
Subcoletor 17	4	85	100
Coletor Predial	2	255	150

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 17 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método das UHC

Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
Subcoletor 1	1	50	100
Subcoletor 2	1	50	100
Subcoletor 3	1	60	100
Subcoletor 4	4	60	100
Subcoletor 5	1	170	100
Subcoletor 6	4	60	100
Subcoletor 7	4	50	100
Subcoletor 8	4	50	100
Subcoletor 9	4	110	100

continua

continuação

Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
Subcoletor 10	1	280	150
Subcoletor 11	4	60	100
Subcoletor 12	1	340	150
Subcoletor 13	4	60	100
Subcoletor 14	4	60	100
Subcoletor 15	4	50	100
Subcoletor 16	4	50	100
Subcoletor 17	4	170	100
Coletor Predial	2	510	150

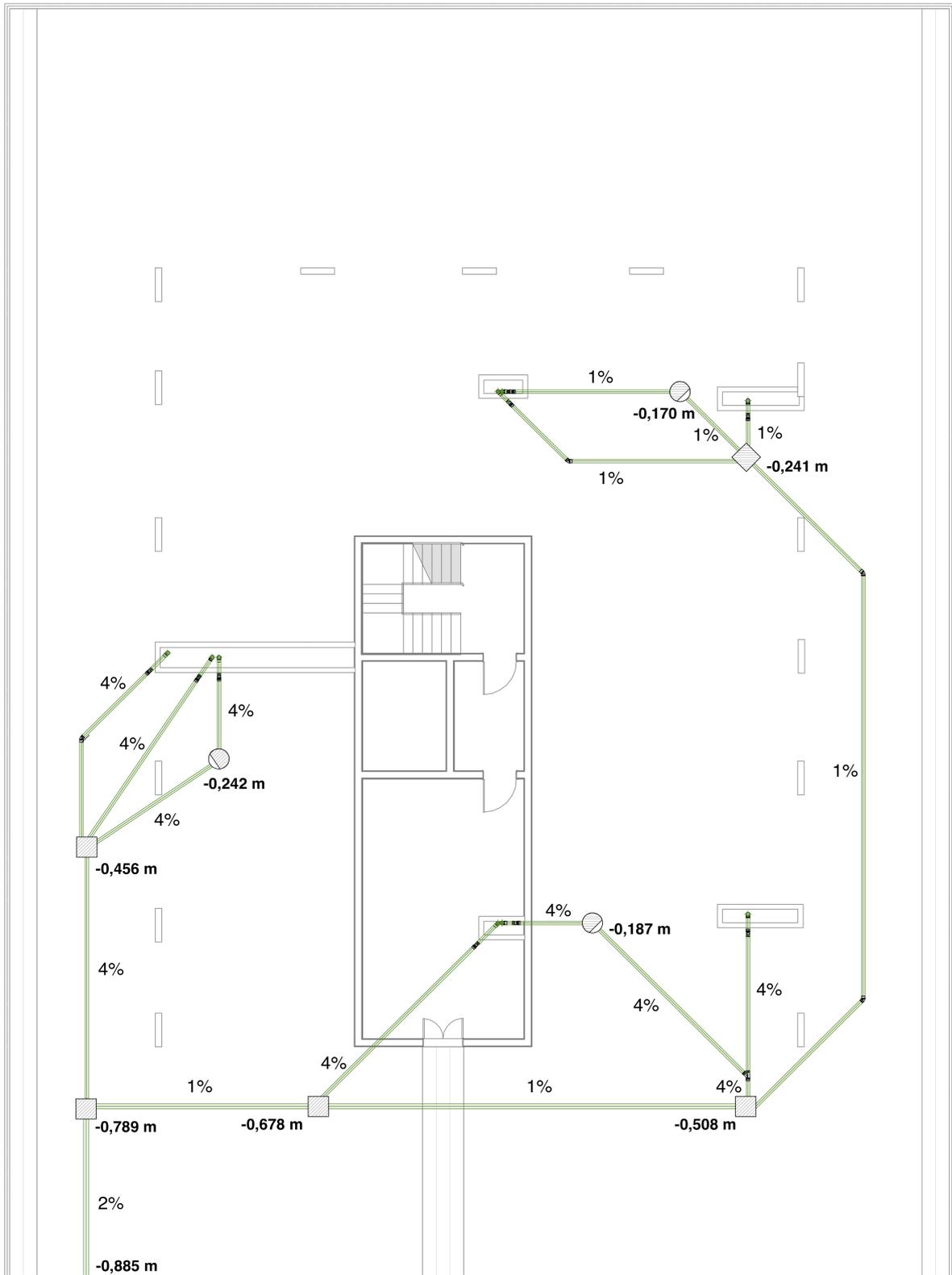
(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 18 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método das UHC

Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro Nominal mm
Subcoletor 1	1	75	100
Subcoletor 2	1	75	100
Subcoletor 3	1	90	100
Subcoletor 4	4	90	100
Subcoletor 5	1	255	150
Subcoletor 6	4	90	100
Subcoletor 7	4	75	100
Subcoletor 8	4	75	100
Subcoletor 9	4	165	100
Subcoletor 10	1	420	150
Subcoletor 11	4	90	100
Subcoletor 12	1	510	150
Subcoletor 13	4	90	100
Subcoletor 14	4	90	100
Subcoletor 15	4	75	100
Subcoletor 16	4	75	100
Subcoletor 17	4	255	150
Coletor Predial	2	765	150

(fonte: elaborada pela autora)

Figura 21 – Cotas e declividades das tubulações do térreo dos Prédios 5, 10 e 15



(fonte: elaborada pela autora)

4.3.4 Projetos utilizando o método hidráulico

Com as tubulações traçadas e classificadas, pôde-se efetuar o dimensionamento do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário pelo método hidráulico. Seguindo as indicações do item 3.4.2, o dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto foi exatamente o mesmo para os três prédios estudados; no caso dos tubos de queda, subcoletores e coletor predial, cada edifício teve um dimensionamento diferente.

A duração média das descargas dos aparelhos sanitários foi escolhida de forma arbitrária, porém considerando valores de uso comum, conforme apresentado na tabela 19. Estas mesmas durações foram utilizadas ao longo de todas as etapas dos dimensionamentos pelo método hidráulico.

Tabela 19 – Duração média da(s) descarga(s) para os aparelhos dos Prédios 5, 10 e 15

Aparelho sanitário	Duração média da(s) descarga(s) s
Bacia sanitária	10
Lavatório	30
Chuveiro	500
Pia	300
Máquina de Lavar Louças	500
Tanque	300
Máquina de Lavar Roupas	500

(fonte: elaborada pela autora)

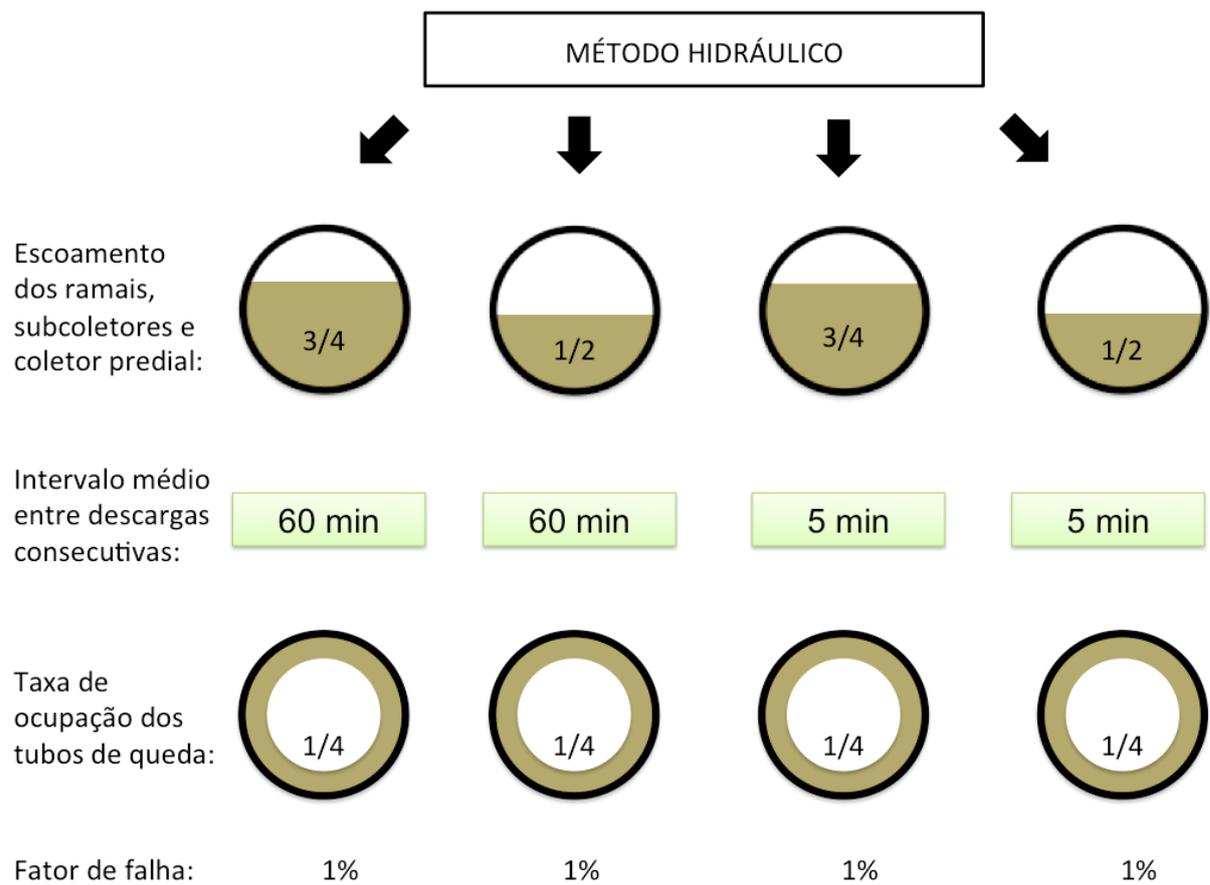
O método hidráulico, conforme já explicado, necessita da definição do fator de falha para o sistema, que deve ser igual a 1%, 2,5% ou 5%. Para todos os aparelhos sanitários dos três casos estudados, foi utilizado o fator de falha de 1%. Esta decisão foi tomada, pois o método das UHC é definido considerando que o sistema não funcionará satisfatoriamente no máximo em 1% do tempo.

Por se tratarem de tubulações plásticas, o coeficiente de Manning utilizado para os cálculos foi de 0,010. Já as vazões dos aparelhos sanitários, q_i , foram retiradas da tabela 7. Junto a isso, para o cálculo da vazão em cada trecho de tubulação, os valores de m_i , número de aparelhos

sanitários do tipo i a serem considerados em uso simultâneo para o fator de falha de 1%, foram retirados das tabelas 8 e 9 que, respectivamente, representam os aparelhos com intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de 5 e 60 minutos.

Portanto, cada uma das edificações estudadas teve seu subsistema de coleta e transporte dimensionado de quatro formas diferentes pelo método hidráulico, conforme a figura 22 ilustra resumidamente. A figura 23 destaca os parâmetros utilizados para tipo de tubulação dos três casos estudados, totalizando doze projetos criados com o método hidráulico.

Figura 22 – Parâmetros de projeto utilizados no método hidráulico



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 23 – Resumo dos projetos utilizando o método hidráulico

1	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 5 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 5 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 5 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 3/4 da seção
2	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 5 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 5 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 5 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 3/4 da seção
3	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 5 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 5 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 5 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 1/2 seção
4	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 5 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 5 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 5 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 1/2 seção
5	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 10 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 10 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 10 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 3/4 da seção
6	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 10 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 10 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 10 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 3/4 da seção
7	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 10 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 10 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 10 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 1/2 seção
8	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 10 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 10 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 10 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 1/2 seção
9	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 15 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 15 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 15 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 3/4 da seção
10	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 15 Escoamento = 3/4 da seção	+ Tubos de queda – Prédio 15 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 15 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 3/4 da seção
11	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 15 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 15 Intervalo = 5 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 15 Intervalo = 5 minutos Escoamento = 1/2 seção
12	Ramais de descarga e esgoto – Prédio 15 Escoamento = 1/2 seção	+ Tubos de queda – Prédio 15 Intervalo = 60 minutos	+ Subcoletores e coletor predial – Prédio 15 Intervalo = 60 minutos Escoamento = 1/2 seção

* Intervalo = intervalo de tempo médio entre descargas dos aparelhos sanitários

(fonte: elaborada pela autora)

Existem comercialmente somente alguns diâmetros nominais de tubulação de esgoto sanitário à venda, sendo eles de 40 mm, 50 mm, 75 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm e 300 mm. Com isso, nas situações em que o diâmetro dimensionado não foi igual a nenhum dos existentes, foi estabelecido um diâmetro comercial como sendo o primeiro valor existente à venda superior ao calculado.

Para dimensionar os ramais de descarga e de esgoto, junto aos fatores já determinados, definiu-se a declividade de 2% para todas estas tubulações. Após, a equação 4 foi usada para o cálculo das vazões, Q_e , e as equações 5 e 6 foram utilizadas para o cálculo dos diâmetros $d_{e\ 3/4}$, e $d_{e\ 1/2}$, respectivamente. Por fim, os diâmetros nominais comercialmente existentes, $DN_{e\ 3/4}$, e $DN_{e\ 1/2}$, foram definidos. É importante enfatizar que o uso dos aparelhos sanitários nas edificações foi considerado congestionado para que se pudesse utilizar os valores de m_i , número de aparelhos sanitários do tipo i a serem considerados em uso simultâneo para o fator de falha, presentes nas tabelas 8 e 9. Na tabela 20, o desenvolvimento e os resultados do dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos Prédios 5, 10 e 15 é apresentado. Salienta-se que esta tabela é válida tanto para intervalos entre descargas consecutivas de 5 minutos quanto para de 60 minutos, pois, para estes casos em que o número de aparelhos contribuintes aos ramais, n , é igual 1, o m_i será igual a 1 também.

Tabela 20 – Dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto dos Prédios 5, 10 e 15 pelo método hidráulico

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	m_1	q_1 L/s	m_2	q_2 L/s	m_3	q_3 L/s	Q_e L/s	$d_{e\ 3/4}$ m	$DN_{e\ 3/4}$ mm	$d_{e\ 1/2}$ m	$DN_{e\ 1/2}$ mm
1	Cozinha	R.D. Pia	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Louças	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Cozinha	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	40	0,045	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Roupas	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Serviço	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	50 ₁₎	0,045	50

continua

continuação

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4} m	DN _{e 3/4} mm	d _{e 1/2} m	DN _{e 1/2} mm
1	Banheiro	R.D. Bacia	2	-	0,96	-	-	-	-	0,96	0,044	50	0,055	75
		R.D. Lavatório	2	-	0,15	-	-	-	-	0,15	0,022	40	0,027	40
		R.D. Chuveiro	2	-	0,2	-	-	-	-	0,2	0,024	40	0,030	40
		R.E. Caixa	2	1	0,15	1	0,2	-	-	0,35	0,030	50 ₁₎	0,038	50 ₁₎
		R.E. Banheiro	2	1	0,15	1	0,2	1	0,96	1,31	0,049	50	0,062	75
2	Cozinha	R.D. Pia	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Louças	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Cozinha	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	40	0,045	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Roupas	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Serviço	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	50 ₁₎	0,045	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	-	0,96	-	-	-	-	0,96	0,044	50	0,055	75
		R.D. Lavatório	2	-	0,15	-	-	-	-	0,15	0,022	40	0,027	40
		R.D. Chuveiro	2	-	0,2	-	-	-	-	0,2	0,024	40	0,030	40
R.E. Caixa		2	1	0,15	1	0,2	-	-	0,35	0,030	50 ₁₎	0,038	50 ₁₎	
R.E. Banheiro		2	1	0,15	1	0,2	1	0,96	1,31	0,049	50	0,062	75	
3	Cozinha	R.D. Pia	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Louças	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Cozinha	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	40	0,045	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Roupas	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Serviço	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	50 ₁₎	0,045	50

continua

continuação

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4} m	DN _{e 3/4} mm	d _{e 1/2} m	DN _{e 1/2} mm
3	Banheiro	R.D. Bacia	2	-	0,96	-	-	-	-	0,96	0,044	50	0,055	75
		R.D. Lavatório	2	-	0,15	-	-	-	-	0,15	0,022	40	0,027	40
		R.D. Chuveiro	2	-	0,2	-	-	-	-	0,2	0,024	40	0,030	40
		R.E. Caixa	2	1	0,15	1	0,2	-	-	0,35	0,030	50 ₁₎	0,038	50 ₁₎
		R.E. Banheiro	2	1	0,15	1	0,2	1	0,96	1,31	0,049	50	0,062	75
4	Cozinha	R.D. Pia	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Louças	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Cozinha	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	40	0,045	50
	Área de Serviço	R.D. Tanque	2	-	0,25	-	-	-	-	0,25	0,026	40	0,033	40
		R.D. Máq. Roupas	2	-	0,3	-	-	-	-	0,3	0,028	40	0,035	40
		R.E. Serviço	2	1	0,25	1	0,3	-	-	0,55	0,036	50 ₁₎	0,045	50
	Banheiro	R.D. Bacia	2	-	0,96	-	-	-	-	0,96	0,044	50	0,055	75
		R.D. Lavatório	2	-	0,15	-	-	-	-	0,15	0,022	40	0,027	40
		R.D. Chuveiro	2	-	0,2	-	-	-	-	0,2	0,024	40	0,030	40
		R.E. Caixa	2	1	0,15	1	0,2	-	-	0,35	0,030	50 ₁₎	0,038	50 ₁₎
R.E. Banheiro		2	1	0,15	1	0,2	1	0,96	1,31	0,049	50	0,062	75	

¹⁾ Apesar do método hidráulico permitir a utilização de tubulação com diâmetro de 40 mm, utilizou-se 50 mm, pois este é o diâmetro de saída das caixas sifonadas utilizadas no projeto.

(fonte: elaborada pela autora)

Para realizar o dimensionamento dos tubos de queda, a fração da seção transversal do tubo com água, t_o , foi definida como 1/4, e o número total de aparelhos sanitários contribuintes de cada tipo, n , foi contado. Com isso, foram calculadas as vazões, Q_{Tq} , com a equação 2 e os diâmetros, $D_{Tq\ 5min}$ e $D_{Tq\ 60min}$, com a equação 3. Após, foram definidos os diâmetros nominais comercialmente existentes, $DN_{Tq\ 5min}$ e $DN_{Tq\ 60min}$. As tabelas 21 a 26 apresentam o desenvolvimento e os resultados dos dimensionamentos dos tubos de queda dos Prédios 5, 10 e 15 para intervalos de tempo médio entre descargas consecutivas de 5 e 60 minutos.

Tabela 21 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Apartamentos	n	Trecho	t_o	m_1	q_1 L/s	m_2	q_2 L/s	m_3	q_3 L/s	Q_{Tq} L/s	$D_{Tq\ 5min}$ m	$DN_{Tq\ 5min}$ mm
1 e 3	10	T.Q. Cozinha	1/4	10	0,25	10	0,3	-	-	5,5	0,093	100
		T.Q. Serviço	1/4	10	0,25	10	0,3	-	-	5,5	0,093	100
		T.Q. Banheiro	1/4	2	0,96	4	0,15	10	0,2	4,52	0,086	100
2 e 4	5	T.Q. Cozinha	1/4	5	0,25	5	0,3	-	-	2,75	0,072	75
		T.Q. Serviço	1/4	5	0,25	5	0,3	-	-	2,75	0,072	75
		T.Q. Banheiro	1/4	2	0,96	2	0,15	5	0,2	3,22	0,076	100

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 22 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Apartamentos	n	Trecho	t_o	m_1	q_1 L/s	m_2	q_2 L/s	m_3	q_3 L/s	Q_{Tq} L/s	$D_{Tq\ 60min}$ m	$DN_{Tq\ 60min}$ mm
1 e 3	10	T.Q. Cozinha	1/4	3	0,25	4	0,3	-	-	1,95	0,063	75
		T.Q. Serviço	1/4	3	0,25	4	0,3	-	-	1,95	0,063	75
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	1	0,15	4	0,2	1,91	0,063	75
2 e 4	5	T.Q. Cozinha	1/4	2	0,25	3	0,3	-	-	1,4	0,056	75
		T.Q. Serviço	1/4	2	0,25	3	0,3	-	-	1,4	0,056	75
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	1	0,15	3	0,2	1,71	0,060	75

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 23 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Apartamentos	n	Trecho	to	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _{Tq} L/s	D _{Tq 5min} m	DN _{Tq 5min} mm
1 e 3	20	T.Q. Cozinha	1/4	20	0,25	20	0,3	-	-	11	0,121	150
		T.Q. Serviço	1/4	20	0,25	20	0,3	-	-	11	0,121	150
		T.Q. Banheiro	1/4	3	0,96	6	0,15	20	0,2	7,78	0,106	150
2 e 4	10	T.Q. Cozinha	1/4	10	0,25	10	0,3	-	-	5,5	0,093	100
		T.Q. Serviço	1/4	10	0,25	10	0,3	-	-	5,5	0,093	100
		T.Q. Banheiro	1/4	2	0,96	4	0,15	10	0,2	4,52	0,086	100

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 24 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Apartamentos	n	Trecho	to	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _{Tq} L/s	D _{Tq 60min} m	DN _{Tq 60min} mm
1 e 3	20	T.Q. Cozinha	1/4	5	0,25	7	0,3	-	-	3,35	0,077	100
		T.Q. Serviço	1/4	5	0,25	7	0,3	-	-	3,35	0,077	100
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	2	0,15	7	0,2	2,66	0,071	75
2 e 4	10	T.Q. Cozinha	1/4	3	0,25	4	0,3	-	-	1,95	0,063	75
		T.Q. Serviço	1/4	3	0,25	4	0,3	-	-	1,95	0,063	75
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	1	0,15	4	0,2	1,91	0,063	75

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 25 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Apartamentos	n	Trecho	to	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _{Tq} L/s	D _{Tq 5min} m	DN _{Tq 5min} mm
1 e 3	30	T.Q. Cozinha	1/4	30	0,25	30	0,3	-	-	16,5	0,140	150
		T.Q. Serviço	1/4	30	0,25	30	0,3	-	-	16,5	0,140	150
		T.Q. Banheiro	1/4	4	0,96	7	0,15	30	0,2	10,89	0,120	150
2 e 4	15	T.Q. Cozinha	1/4	15	0,25	15	0,3	-	-	8,25	0,108	150
		T.Q. Serviço	1/4	15	0,25	15	0,3	-	-	8,25	0,108	150
		T.Q. Banheiro	1/4	3	0,96	5	0,15	15	0,2	6,63	0,100	100

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 26 – Dimensionamento dos tubos de queda do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Apartamentos	n	Trecho	to	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	Q _{Tq} L/s	D _{Tq 60min} m	DN _{Tq 60min} mm
1 e 3	30	T.Q. Cozinha	1/4	7	0,25	9	0,3	-	-	4,45	0,086	100
		T.Q. Serviço	1/4	7	0,25	9	0,3	-	-	4,45	0,086	100
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	2	0,15	9	0,2	3,06	0,075	75
2 e 4	15	T.Q. Cozinha	1/4	4	0,25	6	0,3	-	-	2,8	0,072	75
		T.Q. Serviço	1/4	4	0,25	6	0,3	-	-	2,8	0,072	75
		T.Q. Banheiro	1/4	1	0,96	1	0,15	6	0,2	2,31	0,067	75

(fonte: elaborada pela autora)

O dimensionamento dos subcoletores e coletor predial foi realizado com a definição das declividades de 1%, 2% e 4%, com o cálculo das vazões, Q_e , pela equação 4 e dos diâmetros, $d_{e\ 3/4-5min}$, $d_{e\ 3/4-60min}$, $d_{e\ 1/2-5min}$ e $d_{e\ 1/2-60min}$ pelas equações 5 e 6. Em seguida foram determinados os diâmetros nominais comercialmente existentes, $DN_{e\ 3/4-5min}$, $DN_{e\ 3/4-60min}$, $DN_{e\ 1/2-5min}$ e $DN_{e\ 1/2-60min}$. As tabelas 27 a 32 mostram o dimensionamento dos subcoletores e coletor predial para os Prédios 5, 10 e 15 para intervalos de tempo médio entre descargas consecutivas de 5 e 60 minutos e escoamentos a 3/4 e 1/2 seção da tubulação.

Tabela 27 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4-5min} m	DN _{e 3/4-5min} mm	d _{e 1/2-5min} m	DN _{e 1/2-5min} mm
Subcoletor 1	1	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 2	1	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 3	1	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 4	4	2	0,96	2	0,15	5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	3,22	0,061	75	0,076	100
Subcoletor 5	1	5	0,25	5	0,3	5	0,25	5	0,3	2	0,96	2	0,15	5	0,2	8,72	0,114	150	0,143	150
Subcoletor 6	4	2	0,96	2	0,15	5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	3,22	0,061	75	0,076	100
Subcoletor 7	4	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,057	75	0,072	75
Subcoletor 8	4	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,057	75	0,072	75
Subcoletor 9	4	5	0,25	5	0,3	2	0,96	2	0,15	5	0,2	-	-	-	-	5,97	0,076	100	0,096	100
Subcoletor 10	1	10	0,25	10	0,3	5	0,25	5	0,3	2	0,96	4	0,15	10	0,2	12,77	0,132	150	0,165	200
Subcoletor 11	4	5	0,25	5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	0,057	75	0,072	75
Subcoletor 12	1	10	0,25	10	0,3	10	0,25	10	0,3	2	0,96	4	0,15	10	0,2	15,52	0,142	150	0,177	200
Subcoletor 13	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 14	4	2	0,96	4	0,15	10	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,52	0,069	75	0,086	100
Subcoletor 15	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 16	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 17	4	10	0,25	10	0,3	10	0,25	10	0,3	2	0,96	4	0,15	10	0,2	15,52	0,109	150	0,137	150
Coletor Predial	2	20	0,25	20	0,3	20	0,25	20	0,3	3	0,96	6	0,15	20	0,2	29,78	0,159	200	0,199	200

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 28 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4-60min} m	DN _{e 3/4-60min} mm	d _{e 1/2-60min} m	DN _{e 1/2-60min} mm
Subcoletor 1	1	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 2	1	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 3	1	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 4	4	1	0,96	1	0,15	3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,71	0,048	50	0,060	75
Subcoletor 5	1	2	0,25	3	0,3	2	0,25	3	0,3	1	0,96	1	0,15	3	0,2	4,51	0,089	100	0,112	150
Subcoletor 6	4	1	0,96	1	0,15	3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,71	0,048	50	0,060	75
Subcoletor 7	4	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,044	50	0,056	75
Subcoletor 8	4	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,044	50	0,056	75
Subcoletor 9	4	2	0,25	3	0,3	1	0,96	1	0,15	3	0,2	-	-	-	-	3,11	0,060	75	0,075	75
Subcoletor 10	1	3	0,25	4	0,3	2	0,25	3	0,3	1	0,96	1	0,15	4	0,2	5,26	0,094	100	0,118	150
Subcoletor 11	4	2	0,25	3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,044	50	0,056	75
Subcoletor 12	1	3	0,25	4	0,3	3	0,25	4	0,3	1	0,96	1	0,15	4	0,2	5,81	0,098	100	0,123	150
Subcoletor 13	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 14	4	1	0,96	1	0,15	4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	0,050	50	0,062	75
Subcoletor 15	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 16	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 17	4	3	0,25	4	0,3	3	0,25	4	0,3	1	0,96	1	0,15	4	0,2	5,81	0,076	100	0,095	100
Coletor Predial	2	5	0,25	7	0,3	5	0,25	7	0,3	1	0,96	2	0,15	7	0,2	9,36	0,103	150	0,129	150

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 29 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4-5min} m	DN _{e 3/4-5min} mm	d _{e 1/2-5min} m	DN _{e 1/2-5min} mm
Subcoletor 1	1	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 2	1	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 3	1	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 4	4	2	0,96	4	0,15	10	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,52	0,069	75	0,086	100
Subcoletor 5	1	10	0,25	10	0,3	10	0,25	10	0,3	2	0,96	4	0,15	10	0,2	15,52	0,142	150	0,177	200
Subcoletor 6	4	2	0,96	4	0,15	10	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,52	0,069	75	0,086	100
Subcoletor 7	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 8	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 9	4	10	0,25	10	0,3	2	0,96	4	0,15	10	0,2	-	-	-	-	10,02	0,093	100	0,116	150
Subcoletor 10	1	20	0,25	20	0,3	10	0,25	10	0,3	3	0,96	6	0,15	20	0,2	24,28	0,168	200	0,210	250
Subcoletor 11	4	10	0,25	10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	0,074	75	0,093	100
Subcoletor 12	1	20	0,25	20	0,3	20	0,25	20	0,3	3	0,96	6	0,15	20	0,2	29,78	0,181	200	0,227	250
Subcoletor 13	4	20	0,25	20	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 14	4	3	0,96	6	0,15	20	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	7,78	0,084	100	0,106	150
Subcoletor 15	4	20	0,25	20	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 16	4	20	0,25	20	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 17	4	20	0,25	20	0,3	20	0,25	20	0,3	3	0,96	6	0,15	20	0,2	29,78	0,140	150	0,175	200
Coletor Predial	2	40	0,25	40	0,3	40	0,25	40	0,3	5	0,96	9	0,15	40	0,2	58,15	0,204	250	0,256	300

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 30 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4-60min} m	DN _{e 3/4-60min} mm	d _{e 1/2-60min} m	DN _{e 1/2-60min} mm
Subcoletor 1	1	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,065	75	0,082	100
Subcoletor 2	1	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,065	75	0,082	100
Subcoletor 3	1	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,065	75	0,082	100
Subcoletor 4	4	1	0,96	1	0,15	4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	0,050	50	0,062	75
Subcoletor 5	1	3	0,25	4	0,3	3	0,25	4	0,3	1	0,96	1	0,15	4	0,2	5,81	0,098	100	0,123	150
Subcoletor 6	4	1	0,96	1	0,15	4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	0,050	50	0,062	75
Subcoletor 7	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 8	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 9	4	3	0,25	4	0,3	1	0,96	1	0,15	4	0,2	-	-	-	-	3,86	0,065	75	0,081	100
Subcoletor 10	1	5	0,25	7	0,3	3	0,25	4	0,3	1	0,96	2	0,15	7	0,2	7,96	0,110	150	0,138	150
Subcoletor 11	4	3	0,25	4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	0,050	50	0,063	75
Subcoletor 12	1	5	0,25	7	0,3	5	0,25	7	0,3	1	0,96	2	0,15	7	0,2	9,36	0,117	150	0,147	150
Subcoletor 13	4	5	0,25	7	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,35	0,062	75	0,077	100
Subcoletor 14	4	1	0,96	2	0,15	7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	2,66	0,056	75	0,071	75
Subcoletor 15	4	5	0,25	7	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,35	0,062	75	0,077	100
Subcoletor 16	4	5	0,25	7	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,35	0,062	75	0,077	100
Subcoletor 17	4	5	0,25	7	0,3	5	0,25	7	0,3	1	0,96	2	0,15	7	0,2	9,36	0,090	100	0,113	150
Coletor Predial	2	8	0,25	11	0,3	8	0,25	11	0,3	1	0,96	2	0,15	11	0,2	14,06	0,120	150	0,150	150

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 31 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 5 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e,3/4-5min} m	DN _{e,3/4-5min} mm	d _{e,1/2-5min} m	DN _{e,1/2-5min} mm
Subcoletor 1	1	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 2	1	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 3	1	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 4	4	3	0,96	5	0,15	15	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	6,63	0,079	100	0,099	100
Subcoletor 5	1	15	0,25	15	0,3	15	0,25	15	0,3	3	0,96	5	0,15	15	0,2	23,13	0,165	200	0,206	250
Subcoletor 6	4	3	0,96	5	0,15	15	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	6,63	0,079	100	0,099	100
Subcoletor 7	4	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,086	100	0,108	150
Subcoletor 8	4	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,086	100	0,108	150
Subcoletor 9	4	15	0,25	15	0,3	3	0,96	5	0,15	15	0,2	-	-	-	-	14,88	0,108	150	0,135	150
Subcoletor 10	1	30	0,25	30	0,3	15	0,25	15	0,3	4	0,96	7	0,15	30	0,2	35,64	0,194	200	0,242	250
Subcoletor 11	4	15	0,25	15	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	0,086	100	0,108	150
Subcoletor 12	1	30	0,25	30	0,3	30	0,25	30	0,3	4	0,96	7	0,15	30	0,2	43,89	0,209	250	0,262	300
Subcoletor 13	4	30	0,25	30	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 14	4	4	0,96	7	0,15	30	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	10,89	0,096	100	0,120	150
Subcoletor 15	4	30	0,25	30	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 16	4	30	0,25	30	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,5	0,112	150	0,140	150
Subcoletor 17	4	30	0,25	30	0,3	30	0,25	30	0,3	4	0,96	7	0,15	30	0,2	43,89	0,161	200	0,202	250
Coletor Predial	2	60 ¹⁾	0,25	60 ¹⁾	0,3	60 ¹⁾	0,25	60 ¹⁾	0,3	6 ¹⁾	0,96	11 ¹⁾	0,15	60	0,2	85,41	0,236	250	0,295	300

¹⁾ A tabela 8 não apresenta os valores de m_i para n, número de aparelhos sanitários do tipo i, igual a 60. Com isso, para n=60, os valores de m_i foram estimados seguindo o padrão observado nas últimas linhas da tabela 8.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 32 – Dimensionamento dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15 pelo método hidráulico com intervalo médio entre descargas consecutivas de 60 minutos

Trecho	Declividade %	m ₁	q ₁ L/s	m ₂	q ₂ L/s	m ₃	q ₃ L/s	m ₄	q ₄ L/s	m ₅	q ₅ L/s	m ₆	q ₆ L/s	m ₇	q ₇ L/s	Q _e L/s	d _{e 3/4-60min} m	DN _{e 3/4-60min} mm	d _{e 1/2-60min} m	DN _{e 1/2-60min} mm
Subcoletor 1	1	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,075	75	0,093	100
Subcoletor 2	1	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,075	75	0,093	100
Subcoletor 3	1	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,075	75	0,093	100
Subcoletor 4	4	1	0,96	1	0,15	6	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	2,31	0,053	75	0,067	75
Subcoletor 5	1	4	0,25	6	0,3	4	0,25	6	0,3	1	0,96	1	0,15	6	0,2	7,91	0,110	150	0,138	150
Subcoletor 6	4	1	0,96	1	0,15	6	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	2,31	0,053	75	0,067	75
Subcoletor 7	4	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 8	4	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 9	4	4	0,25	6	0,3	1	0,96	1	0,15	6	0,2	-	-	-	-	5,11	0,072	75	0,090	100
Subcoletor 10	1	7	0,25	9	0,3	4	0,25	6	0,3	1	0,96	2	0,15	9	0,2	10,31	0,122	150	0,152	200
Subcoletor 11	4	4	0,25	6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,058	75	0,072	75
Subcoletor 12	1	7	0,25	9	0,3	7	0,25	9	0,3	1	0,96	2	0,15	9	0,2	11,96	0,129	150	0,161	200
Subcoletor 13	4	7	0,25	9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,45	0,068	75	0,086	100
Subcoletor 14	4	1	0,96	2	0,15	9	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	3,06	0,059	75	0,074	75
Subcoletor 15	4	7	0,25	9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,45	0,068	75	0,086	100
Subcoletor 16	4	7	0,25	9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,45	0,068	75	0,086	100
Subcoletor 17	4	7	0,25	9	0,3	7	0,25	9	0,3	1	0,96	2	0,15	9	0,2	11,96	0,099	100	0,124	150
Coletor Predial	2	10 ¹⁾	0,25	15 ¹⁾	0,3	10 ¹⁾	0,25	15 ¹⁾	0,3	1 ¹⁾	0,96	2 ¹⁾	0,15	15 ¹⁾	0,2	18,26	0,132	150	0,166	200

¹⁾ A tabela 9 não apresenta os valores de m_i para n, número de aparelhos sanitários do tipo i, igual a 60. Com isso, para n=60, os valores de m_i foram estimados seguindo o padrão observado nas últimas linhas da tabela 9.

(fonte: elaborada pela autora)

4.4. QUANTITATIVOS DOS PROJETOS

A partir da conclusão dos dimensionamentos dos subsistemas de coleta e transporte dos Prédios 5, 10 e 15, foi realizada a contabilização de todos os materiais utilizados em cada um deles, totalizando em quinze quantitativos. As tabelas 33 a 35 apresentam estes resultados apontando a lista de insumos e as quantidades presentes em cada projeto.

Tabela 33 – Quantitativos dos projetos do Prédio 5

Insumo		Unidade ¹⁾	Método UHC	Método hidráulico			
				Escoamento a 3/4 da seção		Escoamento a 1/2 seção	
Tipo	Diâmetro mm			5 min ²⁾	60 min ²⁾	5 min ²⁾	60 min ²⁾
Quantidade							
Tubo	40	m	16,41	44,12	44,12	41,89	41,89
	50	m	30,10	15,58	15,58	4,62	4,62
	75	m	132,30	118,11	253,82	116,78	267,00
	100	m	181,76	135,71	47,05	150,22	7,18
	150	m	4,82	47,05	4,82	28,84	44,69
	200	m	0	4,82	0	23,03	0
Joelho 45°	40	un	8	12	12	12	12
	50	un	12	12	12	8	8
	75	un	0	1	2	4	6
	100	un	8	1	2	2	0
	150	un	0	2	0	2	2
Joelho 90°	40	un	16	40	40	40	40
	50	un	24	4	4	0	0
	75	un	0	4	9	6	13
	100	un	13	5	0	7	0
Tê de inspeção	75	un	0	4	9	2	9
	100	un	9	5	0	7	0
Junção	40-40	un	0	4	4	0	0
	50-50	un	4	4	4	4	4
	75-50	un	8	4	12	8	12
	75-75	un	0	0	1	0	5
	100-50	un	4	8	0	4	0
	100-75	un	0	1	0	5	0
Bucha de redução	50-40	un	4	4	4	0	0
Redução excêntrica	100-75	un	6	0	0	2	0
Terminal de ventilação	75	un	6	4	9	4	9
	100	un	3	5	0	5	0

¹⁾ a unidade de medida da quantidade, sendo m = metro e un = unidade.

²⁾ 5 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de cinco minutos.

60 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de sessenta minutos.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 34 – Quantitativos dos projetos do Prédio 10

Insumo		Unidade ¹⁾	Método UHC	Método hidráulico			
				Escoamento a 3/4 da seção		Escoamento a 1/2 seção	
Tipo	Diâmetro mm			5 min ²⁾	60 min ²⁾	5 min ²⁾	60 min ²⁾
Quantidade							
Tubo	40	m	16,41	44,12	44,12	41,89	41,89
	50	m	30,10	15,58	15,58	4,62	4,62
	75	m	151,20	262,90	307,05	13,18	305,22
	100	m	286,39	161,51	117,36	247,88	103,53
	150	m	23,03	18,21	23,03	147,69	51,87
	200	m	0	4,82	0	28,84	0
	250	m	0	0	0	18,21	0
	300	m	0	0	0	4,82	0
Joelho 45°	40	un	8	12	12	12	12
	50	un	12	6	12	4	8
	75	un	0	0	1	2	4
	100	un	8	7	3	6	2
	150	un	0	3	0	2	2
	200	un	0	0	0	2	0
Joelho 90°	40	un	16	40	40	40	40
	50	un	24	4	4	0	0
	75	un	0	0	7	4	9
	100	un	13	6	2	3	4
	150	un	0	3	0	6	0
Tê de inspeção	75	un	0	0	7	0	5
	100	un	9	6	2	3	4
	150	un	0	3	0	6	0
Junção	40-40	un	0	4	4	0	0
	50-50	un	4	4	4	4	4
	75-50	un	0	0	8	4	8
	75-75	un	0	0	1	0	4
	100-50	un	12	6	4	4	4
	100-75	un	0	0	0	2	1
	100-100	un	5	1	0	0	0
	150-100	un	0	6	0	7	0
Bucha de redução	50-40	un	4	4	4	0	0
Redução excêntrica	100-50	un	0	6	0	4	0
	100-75	un	4	0	0	2	3
	150-100	un	0	3	0	7	0
Terminal de ventilação	75	un	4	0	7	0	7
	100	un	5	9	2	9	2

¹⁾ a unidade de medida da quantidade, sendo m = metro e un = unidade.

²⁾ 5 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de cinco minutos.

60 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de sessenta minutos.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela 35 – Quantitativos dos projetos do Prédio 15

Insumo		Unidade ¹⁾	Método UHC	Método hidráulico			
Tipo	Diâmetro mm			Escoamento a 3/4 da seção		Escoamento a 1/2 seção	
		Quantidade					
			5 min ²⁾	60 min ²⁾	5 min ²⁾	60 min ²⁾	
Tubo	40	m	16,41	44,12	44,12	41,89	41,89
	50	m	30,10	15,58	15,58	4,62	4,62
	75	m	0	0	421,41	13,18	415,47
	100	m	550,50	112,78	123,09	112,78	135,03
	150	m	51,87	424,54	44,69	424,54	28,84
	200	m	0	40,81	0	0	23,03
	250	m	0	11,06	0	40,81	0
	300	m	0	0	0	11,06	0
Joelho 45°	40	un	8	12	12	12	12
	50	un	12	2	12	0	8
	75	un	0	0	2	2	4
	100	un	6	10	0	10	2
	150	un	2	2	2	2	2
	200	un	0	2	0	0	0
	250	un	0	0	0	2	0
Joelho 90°	40	un	16	40	40	40	40
	50	un	24	4	4	0	0
	75	un	0	0	7	4	9
	100	un	13	2	2	2	4
	150	un	0	7	0	7	0
Tê de inspeção	75	un	0	0	7	0	5
	100	un	9	2	2	2	4
	150	un	0	7	0	7	0
Junção	40-40	un	0	4	4	0	0
	50-50	un	4	4	4	4	4
	75-50	un	0	0	8	4	8
	75-75	un	0	0	1	0	4
	100-50	un	12	2	4	0	4
	100-75	un	0	0	0	2	1
	100-100	un	5	0	0	0	0
	150-100	un	0	10	0	10	0
	150-150	un	0	1	0	1	0
Bucha de redução	50-40	un	4	4	4	0	0
Redução excêntrica	100-50	un	0	10	0	8	0
	100-75	un	0	0	0	2	3
	150-100	un	0	8	0	8	0
Terminal de ventilação	75	un	0	0	7	0	7
	100	un	9	9	2	9	2

¹⁾ a unidade de medida da quantidade, sendo m = metro e un = unidade.

²⁾ 5 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de cinco minutos.

60 min = projeto utilizou o intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas de sessenta minutos.

(fonte: elaborada pela autora)

4.5. CUSTOS DOS PROJETOS

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar as diferenças entre os dimensionamentos dos subsistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário dimensionados pelo método das UHC e pelo método hidráulico. Por esta razão, somente os preços das tubulações, conexões e acessórios destes subsistemas foram levados em conta para a elaboração do custo de cada projeto.

Inicialmente, tinha-se a intenção de utilizar os preços dos insumos indicados no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). No entanto, ao consultar a tabela deste sistema, nem todos os tubos e as conexões da série normal de esgoto sanitário estavam presentes. Foi observado que os insumos de maiores diâmetros não estavam contidos ou somente existiam na série reforçada. Em função disso, foi definido que os custos seriam baseados em preços de mercado.

Foram feitas pesquisas de preço no comércio da cidade de Porto Alegre/RS e foram determinados os valores unitários de cada insumo conforme apresentado no Apêndice D. Após, estes materiais foram classificados em tubulações, conexões e acessórios e multiplicados pelo número de unidades presentes em cada projeto, conforme determinado em 4.4. Por fim, todos os valores foram somados para a obtenção do total. Os resultados finais de custo de cada subsistema encontram-se na tabela 36. Na última coluna desta tabela, utilizando o método das unidade de Hunter de contribuição como referência, calculou-se a diferença percentual de custo dos outros projetos.

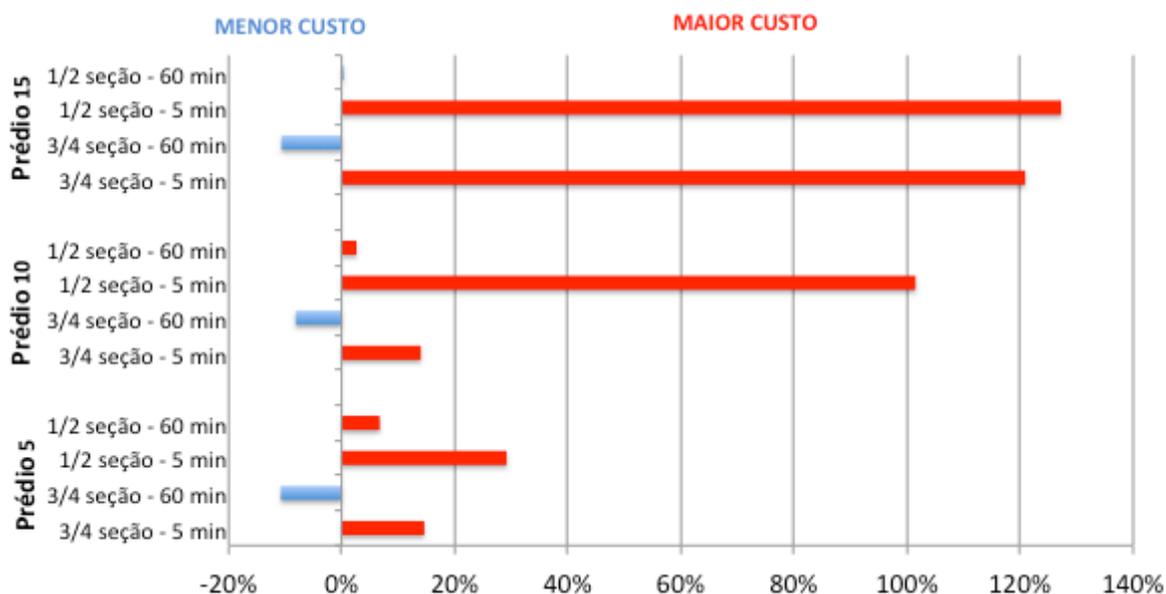
A figura 24 apresenta uma comparação dos resultados obtidos nesse trabalho em termos de diferenças percentuais dos custos dos projetos, considerando como referência, os custos obtidos no projeto dimensionado pelo método das UHC. Para facilitar a visualização, os projetos dimensionados pelo método hidráulico que resultaram mais baratos foram ilustrados por barras azuis e, os mais caros, por barras vermelhas.

Tabela 36 – Custos dos projetos

Projeto	Custo das tubulações	Custo de conexões e acessórios	Custo total	Diferença (%) com relação ao método das UHC
Prédio 5 - UHC	R\$3.203,43	R\$866,30	R\$4.069,73	Referência
Prédio 5 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 5 min	R\$3.875,74	R\$788,00	R\$4.663,74	14,60%
Prédio 5 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 60 min	R\$2.968,67	R\$663,70	R\$3.632,37	-10,75%
Prédio 5 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 5 min	R\$4.381,77	R\$875,10	R\$5.256,87	29,17%
Prédio 5 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 60 min	R\$3.556,47	R\$786,50	R\$4.342,97	6,71%
Prédio 10 - UHC	R\$4.780,61	R\$877,10	R\$5.657,71	Referência
Prédio 10 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 5 min	R\$4.676,26	R\$1.773,10	R\$6.449,36	13,99%
Prédio 10 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 60 min	R\$4.511,61	R\$686,80	R\$5.198,41	-8,12%
Prédio 10 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 5 min	R\$8.754,79	R\$2.645,00	R\$11.399,79	101,49%
Prédio 10 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 60 min	R\$4.961,84	R\$842,70	R\$5.804,54	2,60%
Prédio 15 - UHC	R\$6.675,02	R\$928,30	R\$7.603,32	Referência
Prédio 15 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 5 min	R\$13.768,30	R\$3.027,60	R\$16.795,90	120,90%
Prédio 15 - Mét. hidráulico - 3/4 seção - 60 min	R\$6.041,14	R\$753,70	R\$6.794,84	-10,63%
Prédio 15 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 5 min	R\$14.134,15	R\$3.145,90	R\$17.280,05	127,27%
Prédio 15 - Mét. hidráulico - 1/2 seção - 60 min	R\$6.771,60	R\$842,70	R\$7.614,30	0,14%

(fonte: elaborada pela autora)

Figura 24 – Variações do custo do método hidráulico em relação ao das UHC



(fonte: elaborada pela autora)

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Avaliando inicialmente os métodos de cálculo utilizados, verificou-se que o método das unidades de Hunter de contribuição é intuitivo e não exige muitas decisões do projetista, já que este somente precisa definir a declividade das tubulações, conhecer quais aparelhos sanitários se farão presentes e quantos pavimentos possui a edificação. Diferentemente, o método hidráulico exige todas estas determinações e a de diversos parâmetros como intervalo de tempo médio entre descargas consecutivas dos aparelhos, duração destas descargas e taxa de ocupação das tubulações. No entanto, dentro dos limites permitidos, não existem indicações sobre os valores mais adequados para estes parâmetros, tendo ficado a critério do autor do trabalho utilizar valores de acordo com o uso comum de edificações.

Sobre o método hidráulico, verificou-se que muitas vezes o diâmetro calculado ficou muito distante do primeiro diâmetro nominal superior a ele. Um exemplo disso é um subcoletor cujo diâmetro calculado foi 165 mm, mas o seu representante comercial teve de ser 200 mm. Em situações como esta, na análise de resultados, o diâmetro utilizado não representou o dimensionamento de forma tão perspicaz.

Ao analisar o dimensionamento dos ramais de descarga, observou-se que a tabela 2, utilizada no método das UHC, indica o diâmetro nominal mínimo destas tubulações para cada aparelho sanitário. No entanto, ao realizar os dimensionamentos dos ramais de descarga pelo método hidráulico, ocorreram resultados de diâmetros menores do que os presentes nesta tabela nas tubulações pia da cozinha, máquina de lavar louças, e roupas, e bacia sanitária. Este fato ocorreu mesmo em condições de escoamento que propiciassem maiores diâmetros, ou seja, escoamentos a meia seção, com intervalos de tempo médio entre descargas de 5 minutos e fatores de falha de 1%.

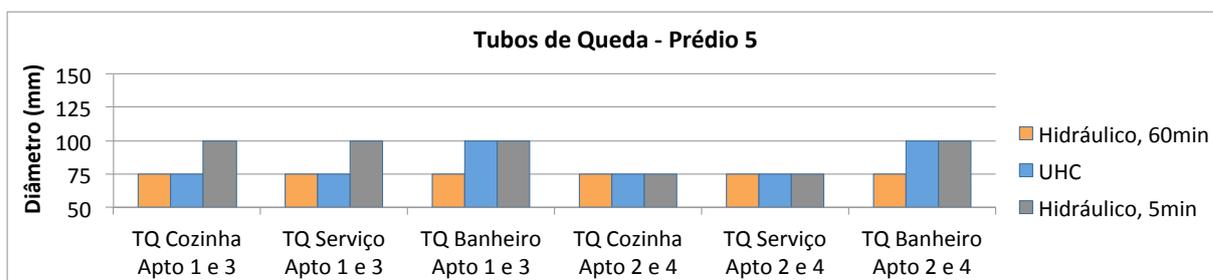
Ainda a respeito dos ramais de descarga, é interessante ressaltar a diminuição significativa do diâmetro exigido para as bacias sanitárias, já que o método das UHC indica 100 mm, e o método hidráulico com escoamento a 3/4 da seção permitiu um diâmetro de 44 mm. Este fato leva à reflexão sobre o motivos dessa diferença e permite concluir que, apesar do fluxo de água a ser transportado não ser muito grande, hidraulicamente justificando um diâmetro de 44

mm, tubulações maiores são indicadas para aumentar a segurança no uso e operação do sistema, assegurando o transporte de sólidos.

O dimensionamento dos tubos de queda foi realizado pelo método das UHC e pelo hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos e 60 minutos. As figuras 25 a 27 apresentam gráficos com os diâmetros dos tubos de queda obtidos para os Prédios 5, 10 e 15. A respeito deles, verificou-se que os diâmetros tenderam a aumentar com o aumento da quantidade de pavimentos. Além disso, observou-se que os diâmetros obtidos pelo método de Hunter são intermediários aos resultados dos dois dimensionamentos pelo método hidráulico. Comparando o dimensionamento dos tubos de queda pelo método das UHC e pelo hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos, reparou-se que este apresentou sempre diâmetros iguais ou menores. Já o método hidráulico com intervalos intervalos de 5 minutos resultou sempre em diâmetros iguais ou maiores do que os obtidos pelo método das UHC.

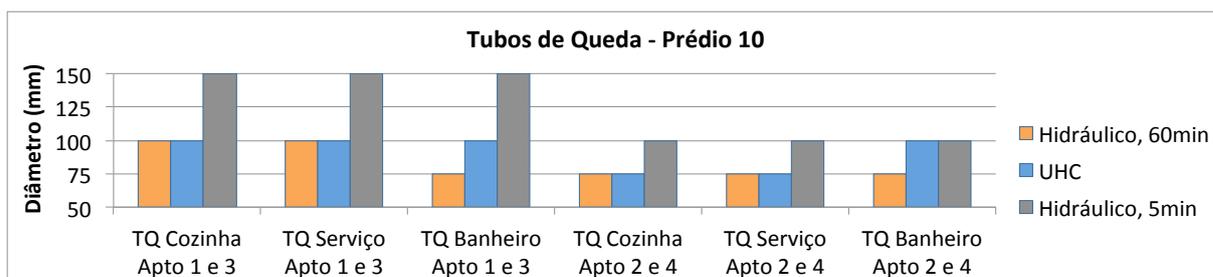
Examinando os resultados dos tubos de queda dos três casos, chegou-se a conclusão que o dimensionamento hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 60 minutos apresentou mais diâmetros iguais aos de Hunter do que o com intervalos de 5 minutos. Porém, verificou-se que com o aumento de pavimentos, houve um aumento na disparidade entre resultados, ou seja, no Prédio 5, os três dimensionamentos – método das UHC, hidráulico com intervalo de 5 e 60 minutos – forneceram mais resultados de diâmetros iguais para cada tubo do que no Prédio 15.

Figura 25 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 5



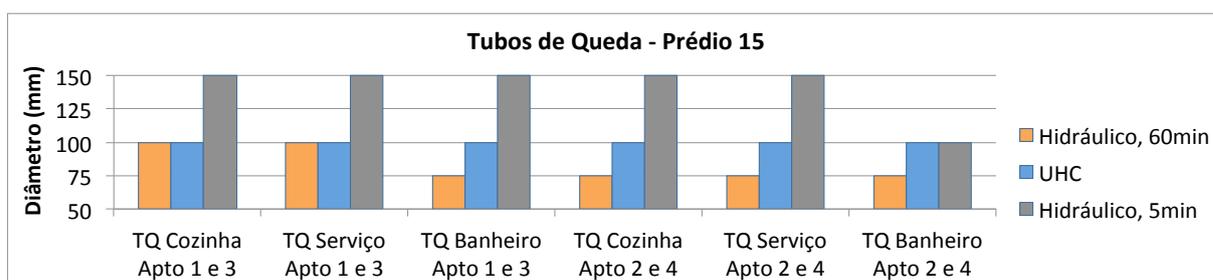
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 26 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 10



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 27 – Diâmetros dos tubos de queda do Prédio 15



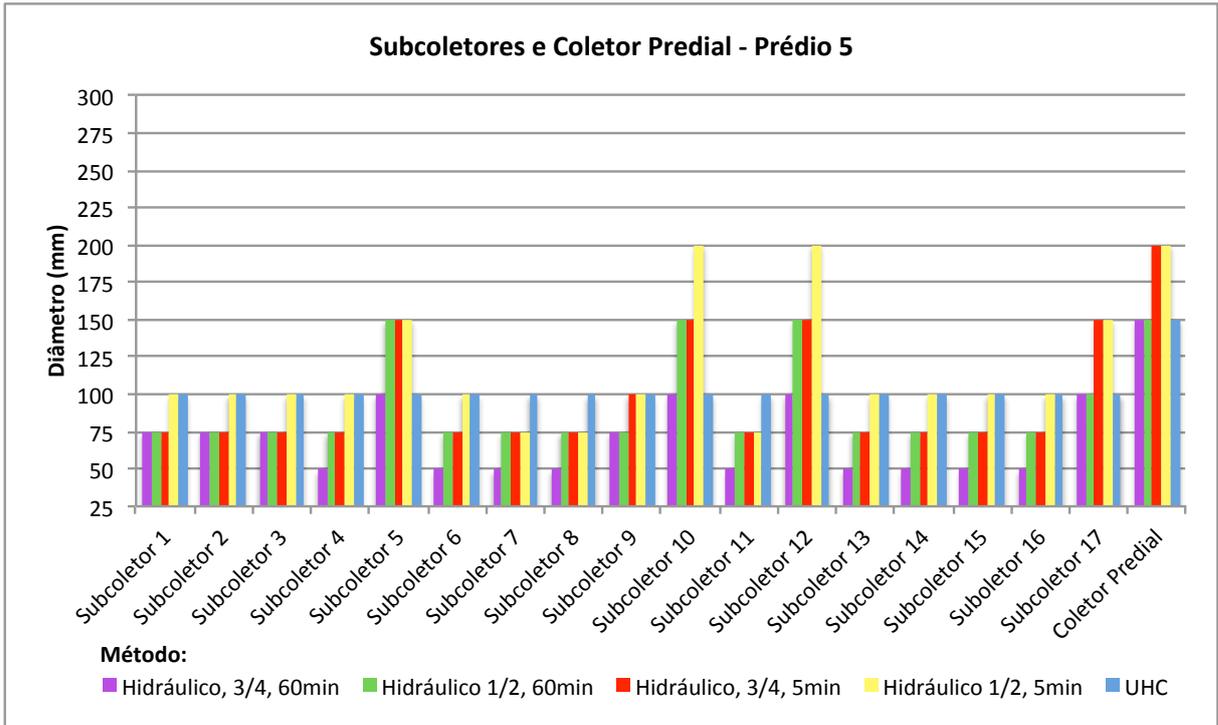
(fonte: elaborada pela autora)

Para cada caso estudado, cinco dimensionamentos de subcoletores foram feitos. As figuras 28 a 30 ilustram todos os diâmetros obtidos para os Prédios 5, 10 e 15. Conforme apresentado, há uma dispersão nos resultados e nenhum dos projetos utilizando o método hidráulico forneceu um dimensionamento plenamente igual ao método das UHC. Um resultado emergente mais evidente foi observado ao analisar o comportamento dos métodos com o aumento do número de pavimentos.

Os diâmetros de subcoletores obtidos pelo método hidráulico com intervalo de 5 minutos apresentaram uma maior divergência com relação ao método das UHC conforme o aumento do número de pavimentos. Com isso, enquanto ocorreram vários resultados semelhantes entre o método hidráulico com intervalo de 5 minutos e o método das UHC no Prédio 5; no Prédio 15, a diferença de diâmetros obtidos entre estes métodos foi grande.

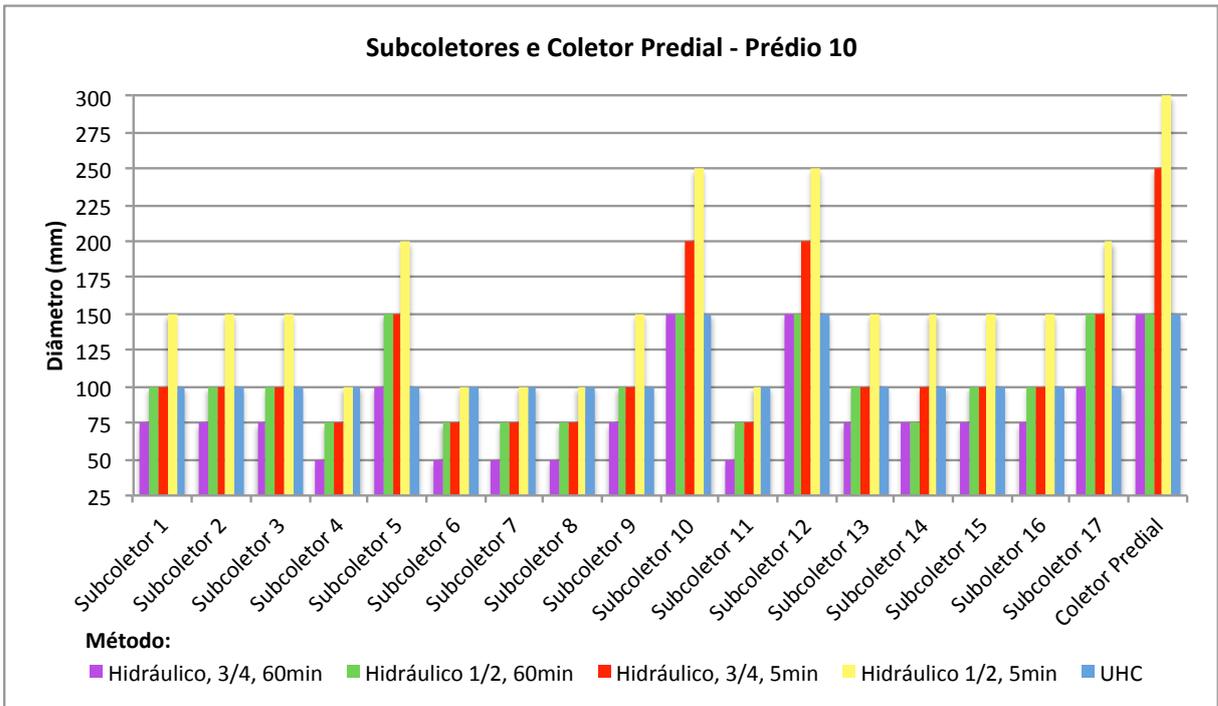
Os subcoletores dimensionados pelo método hidráulico com intervalo de 60 minutos resultaram, na maior parte das vezes, em diâmetros menores do que os de Hunter para o Prédio 5. Com o aumento do número de pavimentos, verificou-se uma maior semelhança entre os resultados obtidos pelo método das UHC e hidráulico com intervalo de 60 minutos.

Figura 28 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 5



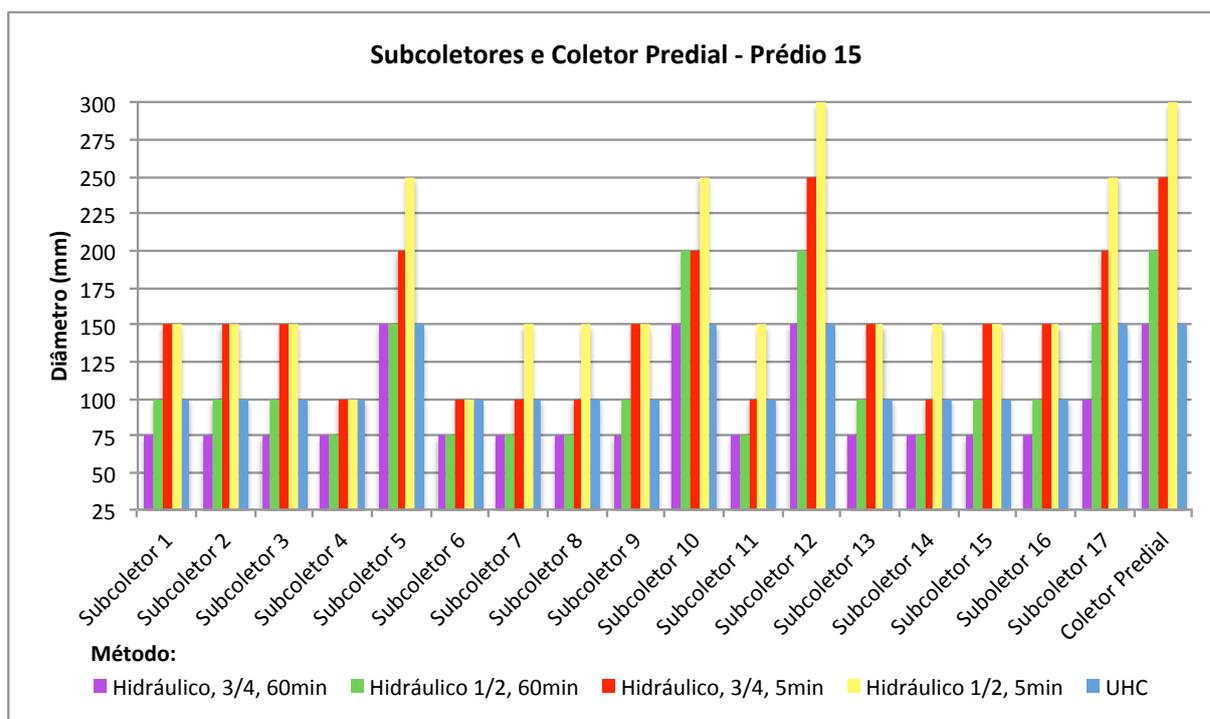
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 29 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 10



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 30 – Diâmetros dos subcoletores e coletor predial do Prédio 15



(fonte: elaborada pela autora)

Para o Prédio 5, observa-se que as tubulações do térreo que recebem efluentes de um único tubo de queda, calculadas pelo método das UHC, apresentam valores mais elevados de diâmetro do que a maioria dos demais. Isto ocorre, pois o método das UHC utiliza uma tabela de dimensionamento de subcoletores que apresenta diâmetro nominal mínimo de 100 mm, enquanto o método hidráulico não.

Os diâmetros obtidos para os coletores prediais, além de serem bastante distintos, sofreriam um impasse se fossem executados na prática: o limite de 150 mm imposto pelo DMAE. Verificando este quesito, percebeu-se que todos os projetos utilizando o método hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos não estariam adequados, pois apresentaram diâmetros entre 200 e 300 mm. Já os projetos hidráulicos com intervalo entre descargas de 60 minutos só apresentaram diâmetros maiores do que 150 mm para o edifício de 15 pavimentos. Para tentar solucionar este problema, a primeira opção seria alterar a declividade dos subcoletores. No entanto, já foram utilizadas as menores declividades permitidas com o objetivo de obter a profundidade máxima do coletor predial de 1 m. Então, para solucionar esta situação, poderia-se fazer uma reavaliação dos parâmetros de projeto utilizados ou entrar em contato com DMAE para pedir autorização para o uso de diâmetros maiores que 150 mm.

Ao final dos dimensionamentos, fez-se a verificação das dimensões das tubulações de cada projeto para garantir que houvesse compatibilidade e conexão entre elas. Apesar dos outros projetos estarem em situação adequada, todos os seis projetos envolvendo tubulações com escoamento a 3/4 da seção, apresentaram alguns subcoletores com diâmetros menores do que seus respectivos tubos de queda e que tiveram, então, que ser aumentados.

A respeito dos custos dos projetos, utilizando método das UHC como referência, o método hidráulico com escoamento a 3/4 da seção e intervalo entre descargas de 60 minutos foi o único projeto a gerar economia. A redução dos custos foi de cerca de 10% para os três casos estudados.

A respeito dos projetos mais caros, foi observado que com a elevação do número de pavimentos, houve um aumento na diferença de custo entre o método das UHC e os métodos hidráulicos. Isso ocorreu, pois os preços das tubulações e conexões de diâmetros mais elevados são bem maiores. Um exemplo disso é o valor do metro do tubo de 200 mm que custa mais que o dobro do tubo de 150 mm e mais que quatro vezes o do tubo de 100 mm, conforme Apêndice D.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste trabalho foi comparar os resultados do dimensionamento do subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário pelo método hidráulico e das unidades de Hunter de contribuição. Através da definição de três casos – Prédios 5, 10 e 15 – a serem estudados, do desenvolvimento dos seus projetos de sistema predial de esgoto sanitário, da realização de quantitativos, orçamentos e planilha de custos, esta análise pôde ser feita.

Durante o desenvolvimento do trabalho, parâmetros de projeto foram definidos de forma a gerar cinco projetos para cada caso estudado, um deles pelo método das UHC e quatro pelo hidráulico. Isto ocorreu, pois este método foi dimensionado fazendo combinações de escoamentos dos ramais, subcoletores e coletor predial a $3/4$ e a $1/2$ seção e com o intervalo entre descargas consecutivas dos aparelhos sanitário de 5 e 60 minutos. Junto a isso, foi considerada uma taxa de ocupação de água no tubo de queda de $1/4$.

Os dimensionamentos realizados confirmaram a variação dos resultados conforme o método utilizado. Verificou-se que os projetos utilizando o método hidráulico com intervalo entre descargas consecutivas de 5 minutos, na maior parte dos dimensionamentos, obtiveram vazões maiores do que pelo das UHC, enquanto que com intervalos de 60 minutos, menores. A respeito do escoamento, foi observado que com a profundidade da água a $1/2$ seção, foram exigidos diâmetros maiores do que os necessários para o escoamento a $3/4$ do diâmetro. Por consequência, os projetos com combinações de intervalos entre descargas consecutivas de 5 minutos e escoamento a $1/2$ seção geraram os resultados com maiores diâmetros. Já os que combinaram intervalos de 60 minutos e profundidades de $3/4$ da seção, apresentaram os menores diâmetros. As situações em que foram consideradas profundidades de água a $3/4$ da seção com intervalos de 5 minutos demonstraram vazões e diâmetros menores do que com 60 minutos, mas maiores do que pelas UHC. Contrapondo, quando foram considerados escoamentos a $1/2$ do diâmetro e intervalos de 60 minutos, os diâmetros obtidos foram semelhantes aos das UHC, ou pouco maiores.

A respeito dos custos, constatou-se que estes variaram de acordo com os diâmetros das tubulações: quanto maiores foram os diâmetros, mais custaram os projetos e vice versa. Por consequência, ocorreram projetos dimensionados pelo método hidráulico mais baratos e mais

caros do que pelo das UHC. No geral, foi observado que subsistemas projetados com o método hidráulico, cujos valores de parâmetros provocaram maiores vazões pelo uso simultâneo de aparelhos sanitários ou menores níveis de água no interior das tubulações, resultaram sempre em incremento no custo do sistema, podendo superar mais de 100% do valor obtido pelo método das UHC. Enquanto que quando utilizado o método hidráulico com valores de parâmetros gerando menores vazões pelo uso simultâneo de aparelhos sanitários e maiores níveis de água no interior das tubulações, os custos resultantes foram menores, podendo diminuir em até 10%.

Portanto, é possível utilizar o método hidráulico na elaboração de projetos de sistemas prediais de esgoto sanitários mais econômicos do que os desenvolvidos pelo método das UHC. No entanto, não recomenda-se que o custo seja a única, nem a principal prioridade no momento de dimensionar o sistema. O mais importante é que se verifique que os parâmetros de projeto definidos estejam adequados à edificação em questão, pois sugere-se ao projetista que opte sempre por projetos que envolvam maior segurança hidráulica, no uso e na operação do sistema.

REFERÊNCIAS

- ALINSSON, P. E. T. The ‘Poopy Paper’ receives national attention. **Plumbing Engineer**, Long Beach, USA, v. 38, n. 7, p. 22-26, July 2010. Disponível em: <http://tmb.bigdrum.net/sites/plumbingengineer.com/files/pdf/pe07_2010.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de; ARAUJO, R. de; FERNANDEZ, M. F. y; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto n. 2.181**, de 20 de março de 1997. Dispõe sobre a organização do Sistema Nacional de Defesa do Consumidor – SNDC, estabelece as normas gerais de aplicação das sanções administrativas previstas na Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990, revoga o Decreto n. 861, de 9 julho de 1993, e dá outras providências. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2181.htm>. Acesso em: 2 nov. 2015. Não paginado.
- CARDÃO, C. **Instalações domiciliares**. 6. ed. Belo Horizonte: Imprensa da Universidade Federal de Minas Gerais, 1972.
- CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2011.
- CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977 (reimpr. 1979).
- FERREIRA, M. I. C. S. **Sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas**: Estudo comparativo entre o Regulamento Geral e a Norma Europeia. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- GARCEZ, L. N. **Elementos da engenharia hidráulica e sanitária**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1969.
- GEORGE, R. L. The history of plumbing: part 2 – renaissance conveniences yield to modern sanitation. **Plumbing Engineer**, p. 45-59, Apr. 2001a⁸. Disponível em: <<http://docslide.us/documents/history-of-plumbing.html>>. Acesso em: 6 nov. 2015.
- _____. The history of plumbing: part 4 – modern plumbing enhances the American way of life. **Plumbing Engineer**, p. 48-53, June 2001b⁹. Disponível em: <<http://docslide.us/documents/history-of-plumbing.html>>. Acesso em: 6 nov. 2015.

⁸ As informações referentes a local de publicação, volume e número não foram encontradas.

⁹ idem

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R. T. A.; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S.; OLIVEIRA, L. H. de; PETRUCCI, A. L.; MARTINS, G. A.; PULICI, C. **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2000.

GRAÇA, M. E. A. da; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de distribuição de água fria**: determinação das vazões de projeto. São Paulo: EPUSP, 1987. Boletim Técnico n. 11.

GRAY, H. F. Sewerage in Ancient and Mediaeval times. **Sewage Works Journal**, Alexandria, VA, v. 12, n. 5, p. 939-946, Sept. 1940. Disponível em: <http://www.sewerhistory.org/articles/whregion/1940_as201/article1.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2015.

HELLYER, S. S. **Lectures on the science and art of sanitary plumbing**. 2nd ed. London: B. T. Batsford, 1882.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.; FRANCO, F. M. de M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

JUUTI, P. S.; WALLENIOUS, K. J. **Kaivot ja käymälät**: johdatus historiaan esimerkkinä Suomi = **A brief history of wells and toilets**: the case of Finland. Tampere: Tampere University Press, 2005.

LANDI, F. R. **A evolução histórica das instalações hidráulicas**. São Paulo: EPUSP, 1993. Boletim Técnico PCC n. 100.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5 ed. rev. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Decreto n. 9.369**, de 29 de dezembro de 1988. Regulamenta a Lei Complementar n. 170 de 31 de dezembro de 1987, alterada parcialmente pela Lei Complementar n. 180 de 18 de agosto de 1988, a qual estabelecem normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgoto prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf>. Acesso em: 15 maio 2016.

_____. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Decreto n. 12.471**, de 03 de setembro de 1999. Altera dispositivos do Decreto n. 9369/88, alterado parcialmente pelo Decreto n. 9854, que regulamenta a Lei Complementar n. 170/87, alterada parcialmente pela Lei Complementar n. 180/88, que estabelece normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgoto prestados pelo DMAE. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000012845.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 15 maio 2016.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Carlos: EESC-USP, 2006.

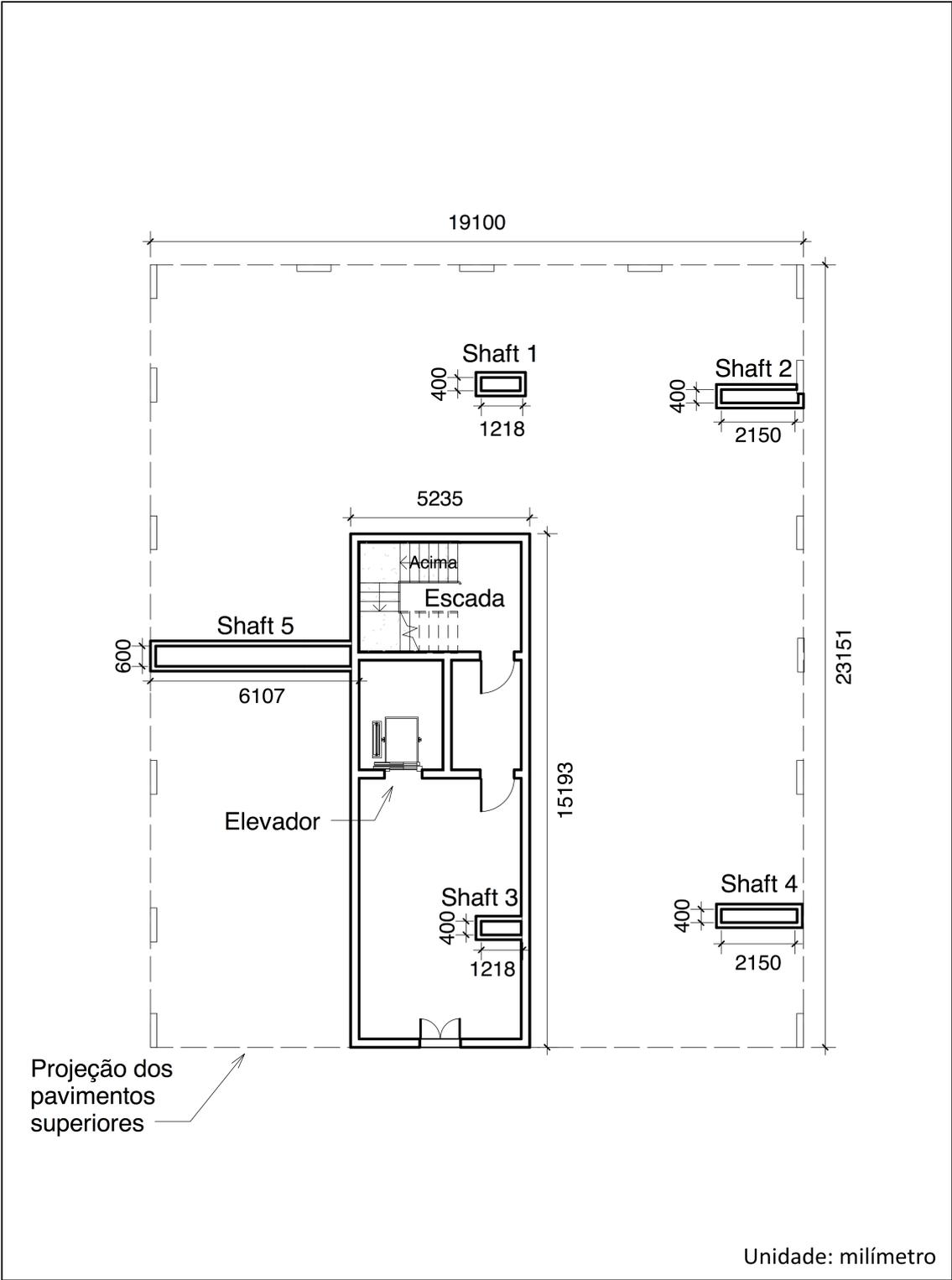
SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **18º Censo do mercado imobiliário de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2015.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Onsite wastewater treatment systems manual**. [S. l.], 2002.

VIANNA, M. R.; PEREIRA, M. D.; COELHO, M. M. L. P. **Instalações hidráulicas prediais**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1993.

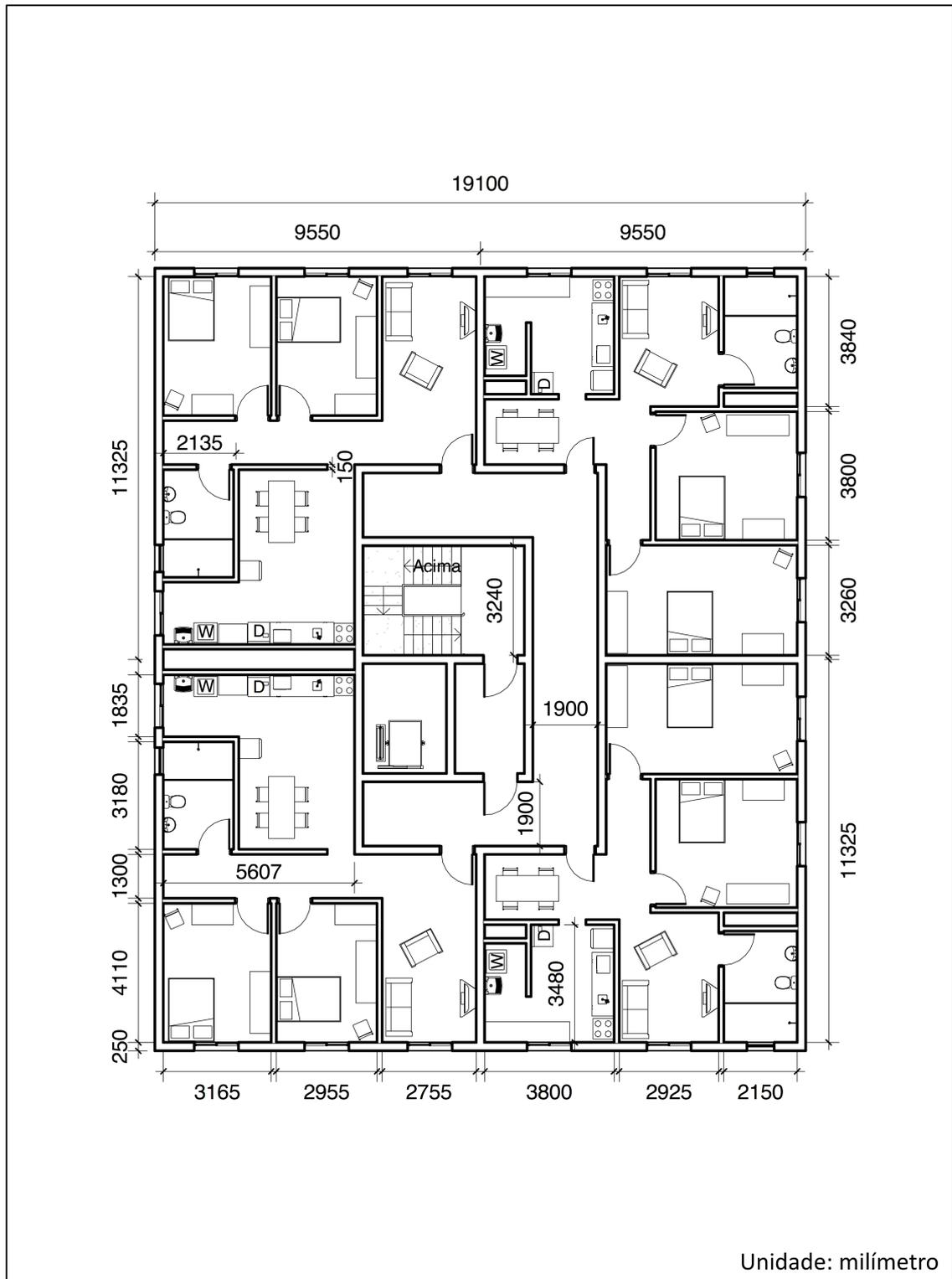
APÊNDICE A – Projetos Arquitetônicos dos Prédios 5, 10 e 15

1 Planta Baixa do Térreo

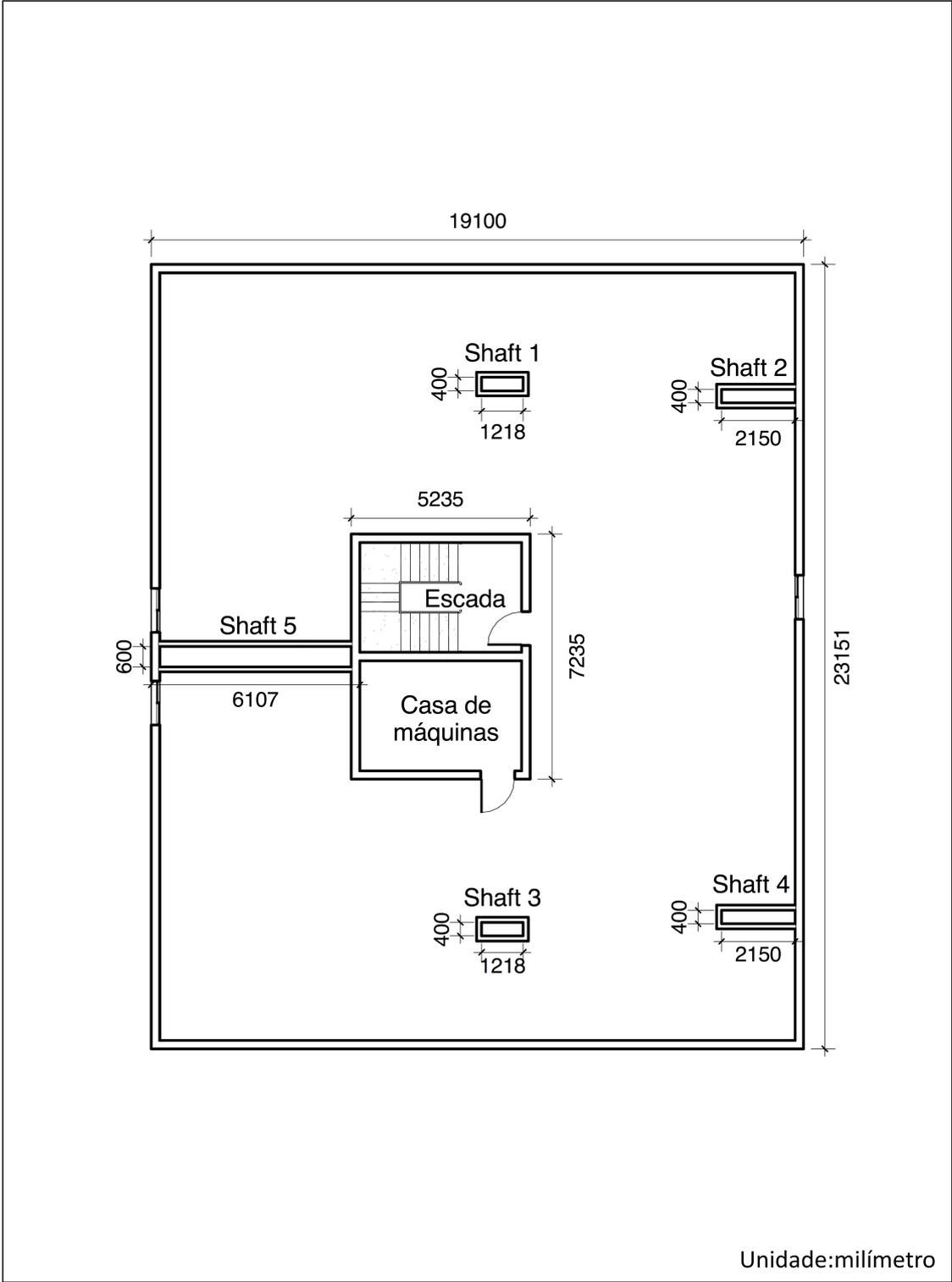


2

Planta Baixa do Pavimento Tipo

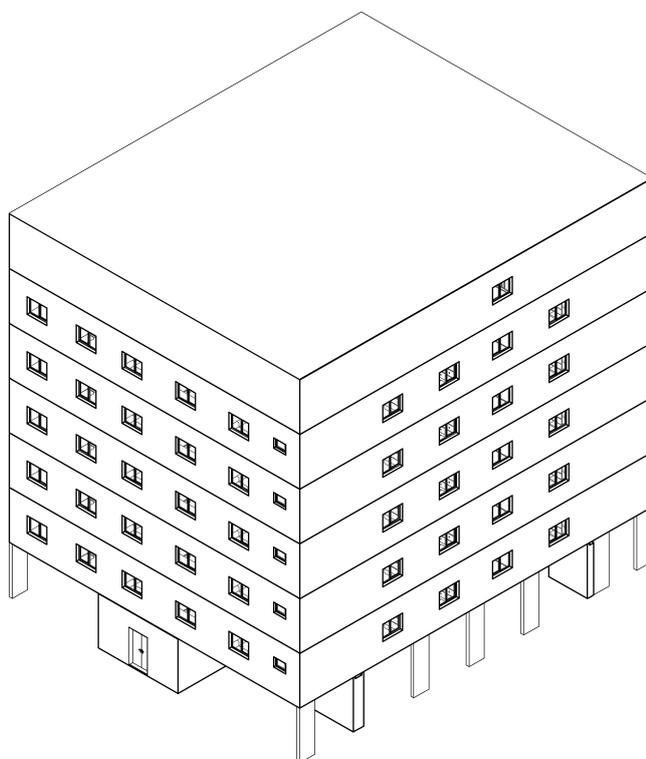


3 Planta Baixa da Cobertura

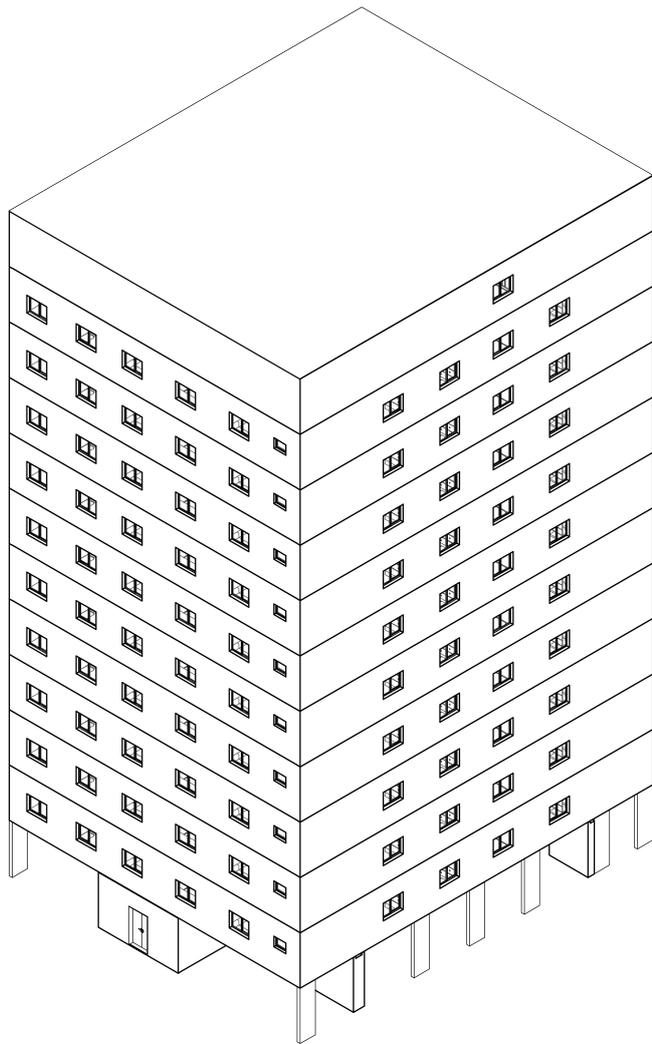


4

Vista 3D do Prédio 5

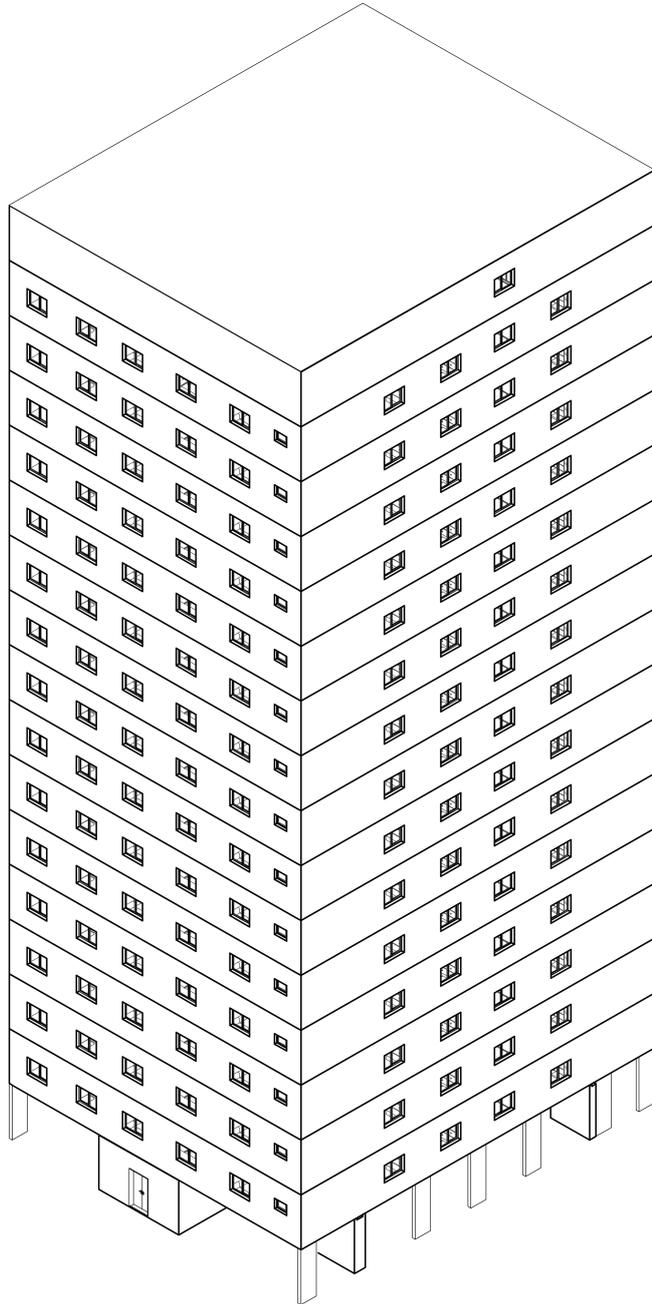


5 Vista 3D do Prédio 10

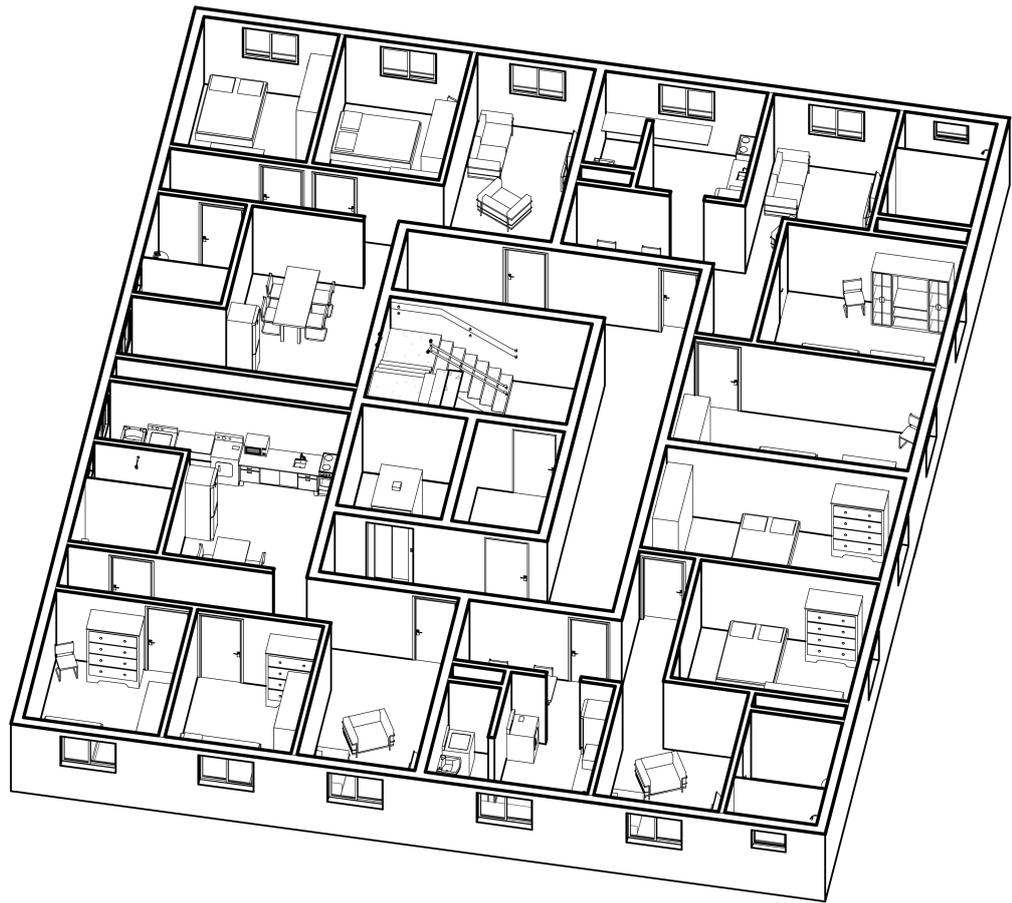


6

Vista 3D do Prédio 15



7 Vista 3D do Pavimento Tipo



**APÊNDICE B – Dimensionamento do subsistema de ventilação dos
Prédios 5, 10 e 15**

A NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 7) propõe que os componentes do subsistema de ventilação sejam dimensionados ou utilizando ventilação primária e secundária, ou somente ventilação primária. No entanto, para a segunda opção, deve-se verificar a suficiência da ventilação primária prevista.

Neste trabalho optou-se por utilizar um subsistema que possui ventilação secundária, ou seja, que “[...] consiste, basicamente, em ramais e colunas de ventilação que interligam os ramais de descarga ou de esgoto à ventilação primária ou que são prolongados acima da cobertura [...]” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 7).

A partir do traçado realizado no item 4.3.2, o dimensionamento das tubulações de ventilação para o método das UHC foi realizado. Para isso, verificou-se o cumprimento da condição imposta pela tabela B.1 e foram utilizadas as indicações das tabelas B.2 e B.3.

Os ramais de ventilação tiveram suas declividades e seus diâmetros definidos de acordo com a tabela B.4. Para isso, o somatório das UHC foi feito, sendo que a bacia sanitária não foi incluída nesta soma, pois a tabela B.2 já leva em consideração a existência deste aparelho.

As colunas de ventilação foram dimensionadas, conforme apresentado na tabela B.5, a partir do diâmetro do tubo de queda, do somatório das UHC e do comprimento das colunas de ventilação. Para este último, levou-se em conta que este valor inclui o tubo percorrendo todos os pavimentos das edificações, mais a distância entre o ponto de inserção no tubo de queda e o fim do mesmo e mais trinta centímetros acima da cobertura. Junto a isso, sabendo-se que os pavimentos possuem 3,15 m de altura cada.

Tabela B.1 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 11)

Tabela B.2 – Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto DN	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 12)

Tabela B.3 – Dimensionamento de ramais de ventilação

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

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 21)

Tabela B.4 – Dimensionamento dos ramais de ventilação dos Prédios 5, 10 e 15

Apartamento	Ambiente	Trecho	Declividade %	Σ UHC	Diâmetro mm
1	Cozinha	R.V. Cozinha	-1	5	40
	Área de Serviço	R.V. Serviço	-1	6	40
	Banheiro	R.V. Banheiro	-1	3	50
2	Cozinha	R.V. Cozinha	-1	5	40
	Área de Serviço	R.V. Serviço	-1	6	40
	Banheiro	R.V. Banheiro	-1	3	50
3	Cozinha	R.V. Cozinha	-1	5	40
	Área de Serviço	R.V. Serviço	-1	6	40
	Banheiro	R.V. Banheiro	-1	3	50
4	Cozinha	R.V. Cozinha	-1	5	40
	Área de Serviço	R.V. Serviço	-1	6	40
	Banheiro	R.V. Banheiro	-1	3	50

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela B.5 – Dimensionamento dos tubos de ventilação dos Prédio 5, 10 e 15

Prédio	Apartamentos	Trecho	Σ UHC	Diâmetro mm
5	1 e 3	T.V. Coz. e Serv.	110	75
		T.V. Banheiro	90	75
	2 e 4	T.V. Coz. e Serv.	55	50
		T.V. Banheiro	45	75
10	1 e 3	T.V. Coz. e Serv.	220	75
		T.V. Banheiro	180	75
	2 e 4	T.V. Coz. e Serv.	110	75
		T.V. Banheiro	90	75
15	1 e 3	T.V. Coz. e Serv.	330	100
		T.V. Banheiro	270	75
	2 e 4	T.V. Coz. e Serv.	165	75
		T.V. Banheiro	135	75

(fonte: elaborada pela autora)

**APÊNDICE C –Dimensionamento dos dispositivos complementares dos
Prédios 5, 10 e 15**

O dimensionamento dos dispositivos complementares foi realizado de acordo com as instruções da NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 18-19) de que para a coleta de três a doze cozinhas, utiliza-se caixa de gordura dupla e para quantidades superiores a estas, caixas de gorduras especiais. Ainda seguindo as indicações desta Norma, as caixas duplas possuem formato cilíndrico e capacidade de retenção de 120 L e as especiais, prismático de base retangular e capacidade conforme a equação C.1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 19):

$$V = 2 \times n + 20 \quad (\text{equação C.1})$$

Sendo:

V = volume (L);

n = número de pessoas servidas pelas cozinhas que contribuem para a caixa de gordura no turno em que existe maior afluxo.

Considerando o diâmetro nominal da tubulação de saída como sendo igual ao do subcoletor correspondente e a existência de quatro pessoas por apartamento, foram criadas as tabelas C.1 a C.3. Salienta-se que o diâmetro ou lado da caixa foi escolhido como sessenta centímetros, pois trata-se do valor mínimo exigido pela Norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 18-19) e que cumpre os requisitos de uso. Além disso, destaca-se que as profundidades das caixas foram definidas com o objetivo de cumprir os requisitos desta mesma Norma bem como cumprir a capacidade de retenção solicitada.

No caso das caixas de inspeção de todos os casos estudados, optou-se pela utilização de peças de concreto pré-moldado que respeitassem os limites impostos pela NBR 8160 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, p. 19) de que estas não possuíssem lados menores que sessenta centímetros, nem profundidades superiores a um metro.

Optou-se pela utilização das caixas de inspeção com sessenta centímetros de lado e com profundidades que se adequassem às das tubulações que delas saem. Na tabela C.4, estas dimensões são apresentadas.

Tabela C.1 – Dimensionamento das caixas de gordura do Prédio 5

Caixa de gordura	Nº de cozinhas atendidas	Tipo	Forma	Diâmetro nominal da tubulação de saída mm	Capacidade de retenção mínima exigida L	Diâmetro ou lado ¹⁾ m	Profundidade m
C.G. 1	5	Dupla	Cilíndrica	100	120	0,6	0,7
C.G. 2	5	Dupla	Cilíndrica	100	120	0,6	0,7
C.G. 3	10	Dupla	Cilíndrica	100	120	0,6	0,7

¹⁾ Refere-se ao diâmetro quando o dispositivo tem forma cilíndrica e, ao lado, quando o formato é prismático de base retangular.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela C.2 – Dimensionamento das caixas de gordura do Prédio 10

Caixa de gordura	Nº de cozinhas atendidas	Tipo	Forma	Diâmetro nominal da tubulação de saída mm	Capacidade de retenção mínima exigida L	Diâmetro ou lado ¹⁾ m	Profundidade m
C.G. 1	10	Dupla	Cilíndrica	100	120	0,6	0,7
C.G. 2	10	Dupla	Cilíndrica	100	120	0,6	0,7
C.G. 3	20	Especial	Prismática de Base Retangular	100	180	0,6	0,8

¹⁾ Refere-se ao diâmetro quando o dispositivo tem forma cilíndrica e, ao lado, quando o formato é prismático de base retangular.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela C.3 – Dimensionamento das caixas de gordura do Prédio 15

Caixa de gordura	Nº de cozinhas atendidas	Tipo	Forma	Diâmetro nominal da tubulação de saída mm	Capacidade de retenção mínima exigida L	Diâmetro ou lado ¹⁾ m	Profundidade m
C.G. 1	15	Especial	Prismática de Base Retangular	100	140	0,6	0,8
C.G. 2	15	Especial	Prismática de Base Retangular	100	140	0,6	0,8
C.G. 3	30	Especial	Prismática de Base Retangular	100	260	0,6	0,8

¹⁾ Refere-se ao diâmetro quando o dispositivo tem forma cilíndrica e, ao lado, quando o formato é prismático de base retangular.

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela C.4 – Dimensionamento das caixas de inspeção dos Prédios 5, 10 e 15

Caixa de Inspeção	Lado m	Profundidade m
C.I. 1	0,6	0,30
C.I. 2	0,6	0,60
C.I. 3	0,6	0,80
C.I. 4	0,6	0,55
C.I. 5	0,6	0,90

(fonte: elaborada pela autora)

APÊNDICE D – Preços dos Insumos

Para conhecer os custos unitários dos insumos dos projetos, foram realizadas pesquisas de preço para produtos de uma mesma marca em quatro lojas de Porto Alegre/RS, em maio de 2016. Os valores obtidos encontram-se na tabela D.1. Conforme observou-se, somente a Loja 1 possuía todos os insumos necessários ao projetos e, por isso, optou-se por utilizar os preços dela para o cálculo dos custos totais.

Tabela D.1 – Preços dos Insumos

Insumo		Unidade ¹⁾	Loja 1	Loja 2	Loja 3	Loja 4
Tipo	Diâmetro mm		R\$	R\$	R\$	R\$
Tubo	40	m	3,65	3,98	5,23	3,69
	50	m	6,15	6,99	8,63	6,16
	75	m	8,48	9,25	12,63	9,65
	100	m	9,48	8,31	9,63	8,93
	150	m	23,32	25,65	31,97	38,76
	200	m	48,32	51,60	-	64,00
	250	m	51,65	46,98	-	-
	300	m	69,15	63,70	-	-
Joelho 45°	40	un	2,10	1,65	3,09	1,55
	50	un	2,50	2,45	4,19	2,20
	75	un	5,80	5,35	6,69	4,01
	100	un	6,90	6,28	8,09	6,35
	150	un	40,90	36,98	49,90	37,32
	200	un	78,90	-	-	-
	250	un	112,95	-	-	-
Joelho 90°	40	un	1,50	1,35	2,19	1,32
	50	un	2,00	1,85	3,09	1,66
	75	un	5,00	4,58	7,79	3,88
	100	un	6,20	5,99	7,39	5,14
	150	un	38,90	35,95	33,90	39,03
Tê de inspeção	75	un	27,90	-	-	-
	100	un	30,90	-	36,90	-
	150	un	199,90	-	-	-
Junção	40-40	un	2,70	2,48	4,59	2,11
	50-50	un	6,40	6,15	9,99	5,34
	75-50	un	9,50	8,65	16,09	8,75
	75-75	un	11,90	10,98	19,90	11,10
	100-50	un	11,90	11,35	14,29	11,35

continua

continuação

Insumo		Unidade ¹⁾	Loja 1	Loja 2	Loja 3	Loja 4
Tipo	Diâmetro mm		R\$	R\$	R\$	R\$
Junção	100-75	un	16,90	15,48	19,59	13,60
	100-100	un	16,90	15,70	19,99	13,37
	150-100	un	43,90	39,38	-	40,79
	150-150	un	87,90	-	-	74,71
Bucha de redução	50-40	un	1,80	1,65	2,89	1,88
Redução excêntrica	100-50	un	5,40	4,95	6,39	5,84
	100-75	un	6,20	5,75	7,29	6,42
	150-100	un	19,90	17,85	13,39	19,71
Terminal de ventilação	75	un	5,50	-	7,59	-
	100	un	7,50	-	8,69	-

NOTA - Insumo que não estava a venda na loja foi marcado com "-".

¹⁾ a unidade de medida da quantidade, sendo m = metro e un = unidade.

(fonte: elaborada pela autora)