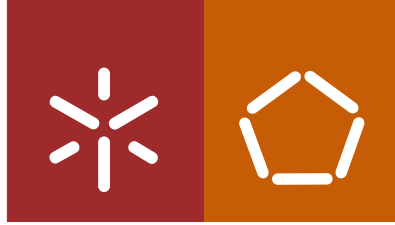




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Hugo Eduardo Cabral Esperança e Silva Ferreira

**Redes prediais de abastecimento de água fria  
e drenagem de águas residuais  
– Análise regulamentar comparativa**



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Hugo Eduardo Cabral Esperança e Silva Ferreira

**Redes prediais de abastecimento de água fria  
e drenagem de águas residuais  
– Análise regulamentar comparativa**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho realizado sob orientação do  
**Professor Doutor Dinis Leitão**

## DECLARAÇÃO

Nome: Hugo Eduardo Cabral Esperança e Silva Ferreira

Endereço eletrónico: [hugo.hp.ferreira@gmail.com](mailto:hugo.hp.ferreira@gmail.com) Telefone: 917287288

Número do Bilhete de Identidade: 13554232

Título dissertação: Redes prediais de abastecimento de água fria e drenagem de águas residuais – Análise regulamentar comparativa

Orientador: Professor Doutor Dinis Leitão

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Civil

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Doutor Dinis Leitão, meu orientador, pelo seu interesse, apoio e sobretudo paciência demonstrados desde o primeiro momento, no qual surgiu a ideia inicial que veio depois dar azo a esta pesquisa, até ao momento em que esta foi concluída. Agradeço também pelo reconhecido espírito crítico com que interveio ao longo da realização deste trabalho, a cedência de material bibliográfico e partilha de conhecimentos.

Aos colegas que me acompanharam nesta viagem que foi o Mestrado, por fomentarem um ambiente propício ao intercâmbio de ideias e opiniões, e que sem dúvida contribuiu para a realização desta dissertação.

À Bárbara Vieira por toda a disponibilidade, ajuda e partilha prestada na elaboração desta dissertação. Pelas palavras motivadoras, compreensão e carinho que se revelaram cruciais nesta etapa final do meu percurso académico e por todo o afeto e apoio incondicional que sempre demonstrou.

Aos meus amigos mais próximos que estiveram sempre ao meu lado, pelo companheirismo, incentivo nos momentos mais difíceis desta etapa. Pelo ânimo e por todos os bons momentos que sempre foram marcantes ao longo da minha vida. A todos eles desejo os sinceros votos de felicidade e de sucesso profissional.

E, acima de tudo, um agradecimento muito especial à minha família, nomeadamente aos meus pais, pela compreensão, amor incondicional, incentivo, amizade, paciência, confiança que depositaram em mim. Agradeço o constante e incessante apoio na superação de todos os obstáculos ao longo desta jornada.

(Página em branco)

## RESUMO

A instalação de redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais (e pluviais) desempenha um papel fundamental na qualidade de vida do Homem, contribuindo para a satisfação das atividades quotidianas e das suas necessidades básicas. Visando o aumento dos níveis de conforto e minoração de custos, as instalações prediais de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais têm sofrido, ao longo dos últimos anos, aperfeiçoamentos ao nível da conceção e dimensionamento, sendo da responsabilidade de entidades reguladoras todo este processo de otimização.

Paralelamente, as técnicas, esquemas e materiais construtivos também têm vindo a sofrer melhorias e, no intuito de acompanhar tal evolução, para além de responder às imposições por parte das entidades reguladoras, os projetos de dimensionamento das redes prediais têm vindo a tornar-se mais exigentes. Por conseguinte, e para dar resposta a tal evolução, têm sido criadas normas e regulamentos que apontam metodologias e parâmetros relevantes para a conceção e dimensionamento das redes prediais.

No entanto, e na tentativa exaustiva de fomentar o bem-estar comum da população, foram produzidos diversos documentos normativos que diferem entre si e fazem do dimensionamento um processo menos homogêneo e suscetível de levantar algumas dúvidas quanto à sua aplicação.

Esta dissertação tem como objetivo a análise, reflexão e exposição das diferenças que resultam da aplicação dos métodos de dimensionamento para redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais, pormenorizados em três regulamentos distintos: o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), a norma “EN 806-3” referente a instalações de abastecimento de água e a norma “EN 12056-2” relativa a instalações de drenagem de águas residuais.

No caso de estudo, pretende-se, com base num projeto de um edifício de habitação unifamiliar, efetuar um estudo comparativo da aplicação dos métodos de dimensionamento apresentados pelas três normas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redes prediais, abastecimento de água para consumo, drenagem de águas residuais, dimensionamento, RGSPDADAR, EN 806-3, EN 12056-2.

(Página em branco)

## **ABSTRACT**

The building system of water supply facilities and wastewater drainage plays a fundamental role in the quality of the Human life, contributing to the satisfaction of basic and daily activities. With a view to increase the comfort levels and costs mitigation, the Building systems of water supply facilities and wastewater drainage have suffered in the last years, improvement at the level of concept and Design, and the regulatory authorities are responsible for this optimization process.

Simultaneously, techniques, plans and construction materials have also suffered improvements, and to keep up with such development, the Design projects of building systems have become more demanding. Therefore, to answer to such evolution, it has been created norms and regulations aiming to methodologies and parameters which are relevant to the conception and design of the building systems.

However, and as a thorough attempt to promote the well being of the population, various and different normative documents have been produced, in order to make the Design less homogeneous and to raise some doubts as to its application.

This dissertation aims the analyse, reflection and exhibition of the differences resulting from the design methods application for the building systems of water supply and wastewater drainage, which are detailed in three distinct regulations: the Portuguese Regulation “RGSPDADAR“, European normative “EN 806-3” relating to supply water facilities and the European normative “EN 12056-2” relating wastewater drainage facilities.

The aim of this study, on the basis of a Project with a single family house building, is to carry out a comparative study of the application of design methods showed by the three normatives.

**KEYWORDS:** Building net, water supply for consumption, wastewater drainage, design, RGSPDADAR, EN 806-3, EN 12056-2.



(Página em branco)

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento .....	3
1.2. Objetivos .....	4
1.3. Estrutura da dissertação.....	4
ESTADO DE ARTE .....	7
2.1. Instalações hidráulicas – resenha histórica.....	9
2.1.1. Enquadramento geral .....	9
2.1.2. Enquadramento das redes de drenagem em Portugal .....	14
2.1.3. Enquadramento das redes de abastecimento de água em Portugal.....	16
2.2. Legislação em Portugal .....	17
2.2.1. Cobertura e qualidade dos serviços de água em Portugal .....	26
2.3. Regulamentação e normas.....	31
2.3.1. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (RGSPDADAR).....	31
2.3.2. Normas Europeias .....	33
2.3.3. <i>International Plumbing Code</i> .....	37
REDES PREDIAIS .....	41
3.1. Sistemas prediais de distribuição de água .....	43
3.1.1. Constituição das redes prediais de distribuição de água .....	43
3.1.2. Classificação dos sistemas de alimentação .....	44
3.1.3. Traçado e instalação dos sistemas de abastecimento de água .....	47
3.2. Sistemas prediais de drenagem de águas residuais .....	48
3.2.1. Constituição das redes prediais de drenagem de águas residuais.....	48
3.2.2. Classificação dos sistemas de drenagem .....	50
3.2.3. Traçado e instalação dos sistemas de drenagem de águas residuais.....	52

REGULAMENTOS .....	61
4.1. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais .....	63
4.1.1. Sistemas de distribuição predial de água.....	63
4.1.2. Sistemas prediais de drenagem de água .....	83
4.2. Norma Europeia EN 806-3, <i>Specifications of Installation Inside Buildings Conveying Water for Human Consumptions - Part 3: Pipe Sizing - Simplified Method</i> . "Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios" .....	99
4.2.1. Considerações iniciais .....	99
4.2.2. Determinação do caudal de cálculo.....	101
4.2.3. Dimensionamento da rede de abastecimento de água .....	102
4.3. Norma Europeia EN 12056-2, <i>Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation</i> . "Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios" .....	104
4.3.1. Considerações iniciais .....	104
4.3.2. Critérios iniciais para dimensionamento .....	105
4.3.3. Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas.....	108
CASO DE ESTUDO .....	117
5.1 Introdução .....	119
5.2. Redes prediais de abastecimento de água fria .....	124
5.2.1. Traçado.....	125
5.2.2. Dimensionamento.....	127
5.3. Redes prediais de drenagem de águas residuais .....	132
5.3.1. Traçado.....	132
5.3.2. Dimensionamento.....	135
CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....	145
6.1. Conclusão .....	147
6.2. Trabalhos futuros .....	149
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	150
ANEXOS.....	153
ANEXO I – Peças desenhadas .....	155
ANEXO II- Catálogos de Fornecedores.....	164

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Aqueduto das águas livres .....	16
Figura 2.2: Cobertura do sistema de abastecimento de água (1994-2006).....	27
Figura 2.3: Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (1994-2006) .....	28
Figura 2.4: Cobertura do sistema de abastecimento de água (1994-2011).....	29
Figura 2.5: Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (1994-2011) .....	29
Figura 2.6: Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade em Portugal (1993-2010) .....	30
Figura 2.7: Distribuição geográfica da percentagem de água segura por concelho em função da média nacional no ano de 2013.....	30
Figura 3.1: Elementos constituintes de uma rede de distribuição de água.....	44
Figura 3.2: Alimentação direta (a) e alimentação direta com elemento sobrepessor (b) .....	45
Figura 3.3: Alimentação indireta com reservatório no topo do edifício (a) e alimentação indireta com reservatório na base e no topo do edifício (b) .....	46
Figura 3.4: Alimentação indireta com elemento elevatório .....	46
Figura 3.5: Sistema misto de alimentação.....	47
Figura 3.6: Elementos constituintes de um sistema predial de drenagem de águas residuais domésticas [6].....	49
Figura 3.7: Drenagem gravítica.....	50
Figura 3.8: Drenagem com elevação.....	51
Figura 3.9: Sistema misto de drenagem .....	52
Figura 3.10: Distância máxima admissível entre o sifão e a secção ventilada .....	55
Figura 3.11: Desenvolvimento da linha piezométrica de modo a evitar a obturação do ramal de ventilação .....	55
Figura 3.12: Ligação da coluna de ventilação ao tubo de queda .....	58
Figura 3.13: Coletores prediais instalados à vista .....	59
Figura 3.14: Inserção do ramal de ligação no coletor público .....	60
Figura 4.1: Coeficientes de simultaneidade em função do número de dispositivos de utilização .....	66
Figura 4.2: Gráfico para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto médio .....	68
Figura 4.3: Gráfico para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto mínimo e elevado .....	70
Figura 4.4: Gráfico para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto mínimo e elevado .....	70
Figura 4.5: Dimensionamento das condutas de ferro preto e ferro galvanizado .....	73

Figura 4.6: Dimensionamento das condutas de aço galvanizado e ferro fundido .....	74
Figura 4.7: Dimensionamento das condutas de cobre e plástico .....	74
Figura 4.8: Coeficientes de simultaneidade em função do número de dispositivos de utilização .....	85
Figura 4.9: Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados .....	86
Figura 4.10: Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada .....	87
Figura 4.11: Escoamento a meia secção .....	90
Figura 4.12: Escoamento a secção cheia .....	90
Figura 4.13: Dimensionamento dos tubos de queda .....	94
Figura 4.14: Dimensionamento dos tubos de queda .....	95
Figura 4.15: Caudal de cálculo em função do caudal total .....	101
Figura 4.16: Ramal de descarga sem ventilação secundária nos sistemas I, II e IV .....	110
Figura 4.17: Ramal de descarga com ventilação secundária nos sistemas I, II e IV .....	112
Figura 5.1: Planta do rés do chão .....	120
Figura 5.2: Planta do 1º piso .....	121
Figura 5.3: Planta do 2º piso .....	122
Figura 5.4: Alçado principal do edifício em análise .....	123
Figura 5.5: Alçado lateral do edifício em análise.....	123
Figura 5.6: Corte do edifício em análise .....	124
Figura 5.7: Planta do rés do chão e respetiva representação da rede de abastecimento de água fria do edifício em estudo para a presente dissertação.....	126
Figura 5.8: Traçado das redes prediais de drenagem de águas residuais no 1º piso do edifício em estudo para a presente dissertação.....	133
Figura 5.9: Pormenor da rede predial de drenagem de águas residuais com ligação à rede pública...	134
Figura 5.10: Pormenor da rede de drenagem de águas residuais do rés-do-chão do edifício em estudo para a presente dissertação .....	135

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Valores dos diâmetros mínimos, correspondentes aos valores da pressão existentes nos ramais de alimentação de fluxômetros, para baciais de retrete .....	64
Tabela 4.2: Caudais instantâneos .....	64
Tabela 4.3: Número de fluxômetros em utilização simultânea .....	66
Tabela 4.4: Dimensionamento das condutas de Ferro preto ou Ferro galvanizado .....	72
Tabela 4.5: Valores do fator de rugosidade .....	77
Tabela 4.6: Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado .....	78
Tabela 4.7: Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado (continuação) .....	79
Tabela 4.8: Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado (continuação) .....	80
Tabela 4.9: Valores de $\zeta$ para a determinação das cargas localizadas .....	81
Tabela 4.10: Caudais de descarga .....	84
Tabela 4.11: Diâmetros mínimos dos ramais de descarga .....	88
Tabela 4.12: Valores da rugosidade do material constituinte da tubagem .....	89
Tabela 4.13: Diâmetros dos ramais de descarga individuais .....	91
Tabela 4.14: Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária .....	92
Tabela 4.15: Dimensionamento dos tubos de queda .....	93
Tabela 4.16: Dimensionamento das colunas de ventilação .....	96
Tabela 4.17: Dimensionamento dos coletores prediais .....	97
Tabela 4.18: Caudais mínimos( $Q_{min}$ ), caudais de projeto( $Q_A$ ) nos dispositivos de utilização, e "unidades de carga" (LU) .....	100
Tabela 4.19: Diâmetros internos e externos em função das "unidades de carga" para condutas de PVC .....	103
Tabela 4.20: "Unidades de Descarga" dos aparelhos sanitários .....	106
Tabela 4.21: Fatores de frequência .....	107
Tabela 4.22: Limitações para ramais de descarga sem ventilação secundária .....	109
Tabela 4.23: Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga sem ventilação secundária em função da capacidade hidráulica ( $Q_{máx}$ ) .....	109
Tabela 4.24: Diâmetros nominais e limitações para cada dispositivo sanitário de um ramal de descarga sem ventilação secundária, relativamente ao sistema III .....	110
Tabela 4.25: Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga com ventilação secundária em função da capacidade hidráulica ( $Q_{máx}$ ) .....	111
Tabela 4.26: Limitações para ramais de descarga com ventilação secundária .....	111

Tabela 4.27: Diâmetros nominais e limitações para cada dispositivo sanitário de um ramal de descarga com ventilação secundária, relativamente ao sistema III .....	112
Tabela 4.28: Diâmetros nominais de tubos de queda sem ventilação secundária em função dos caudais máximos (Q <sub>máx</sub> ) .....	113
Tabela 4.29: Diâmetros nominais de tubos de queda com ventilação secundária em função dos caudais máximos (Q <sub>máx</sub> ) .....	114
Tabela 4.30: Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de 1/2.....	115
Tabela 4.31: Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de 3/4.....	115
Tabela 5. 1: Dispositivos relevantes para o dimensionamento da rede predial de abastecimento de água fria.....	125
Tabela 5.2: Valores de dimensionamento da rede de abastecimento de água para o RGSPDADAR 129	
Tabela 5.3: Verificação das condições de pressão para o RGSPDADAR .....	130
Tabela 5.4: Valores de dimensionamento da rede de abastecimento de água para a norma EN 806-3131	
Tabela 5.5: Caudais de descarga e unidades de descarga em função dos aparelhos sanitários .....	136
Tabela 5.6: Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais (mm) .....	138
Tabela 5.7: Valores de dimensionamento dos ramais de descarga não individuais, para as duas normas .....	138
Tabela 5.8: Caudais acumulados e caudais de cálculo dos ramais de descarga não individuais para as duas normas .....	139
Tabela 5.9: Valores de dimensionamento dos tubos de queda para o RGSPDADAR [1] .....	140
Tabela 5.10: Verificação da taxa de ocupação dos tubos de queda.....	140
Tabela 5.11: Valores de dimensionamento dos tubos de queda para a norma EN 12056 [3] .....	141
Tabela 5.12: Caudais acumulados e caudais de cálculo dos tubos de queda para as duas normas .....	141
Tabela 5.13: Valores de dimensionamento para os coletores prediais para o RGSPDADAR [1] .....	142
Tabela 5.14: Valores de dimensionamento dos coletores prediais para a norma EN 12056 [3] .....	143
Tabela 5.15: Caudais acumulados e caudais de cálculo dos coletores prediais, para as 2 normas .....	143
Tabela 5.16: Valores de dimensionamento do ramal de ligação, para as duas normas .....	144

## ABREVIATURAS

AC	Autoridade da Concorrência
AdP	Águas de Portugal
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APDA	Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas
ARH	Administração da Região Hidrográfica
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BOCA	<i>Building Officials and Code Administrators International</i> (Funcionários de Construção e Administradores de Código Internacional)
BT	<i>Bureau Technique</i> (Escritório Técnico)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CEN	Comité Europeu de Nacionalização
DGC	Direcção-Geral do Consumidor
DU	<i>Discharge Units</i> (Unidades de descarga)
EFTA	<i>European Free Trade Association</i> (Associação Europeia de Comércio Livre)
EN	<i>European Normalization</i> (Normalização Europeia)
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETAR	Estação de tratamento de águas residuais
GAG	Grupo de Apoio à Gestão
ICBO	<i>International Conference of Building Officials</i> (Conferência Internacional dos Funcionários de Construção)
ICC	<i>International Code Council</i> (Conselho de Código Internacional)
INAG	Instituto Nacional de Água
IPC	<i>International Plumbing Code</i> (Código Internacional de Instalações Hidráulicas e Sanitárias)
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LU	<i>Loading Units</i> (Unidades de carga)
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional



PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
PEX	Polietileno Reticulado
POSEUR	Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de vinilo
QCA	Quadro Comunitário de Apoio
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
RASARP	Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
RU	Resíduos Urbanos
SAS	Serviços de Abastecimento e Saneamento
SBCCI	<i>Southern Building Code Congress International, Inc.</i> (Congresso Internacional de Normas de Construção do Sul, Lda,)
TC	<i>Technical Commission</i> (Comissão Técnica)
UE	União Europeia

## SIMBOLOGIA

$Q_i$	caudal instantâneo [l/s]
$Q_a$	caudal acumulado [l/s]
$Q_c$	caudal de cálculo [l/s]
X	coeficiente de simultaneidade
$D_i$	diâmetro interior da tubagem [mm]
$D_e$	diâmetro externo da tubagem [mm]
V	velocidade de escoamento [m/s]
J	perda de carga [m/m]
f	fator de resistência
g	aceleração da gravidade [ $m/s^2$ ]
$\varepsilon$	rugosidade absoluta [mm]
$R_e$	número de Reynolds
b	fator caracterizador da rugosidade do material
$P_x$	pressão disponível no ponto considerado [m.c.a.]
$P_d$	pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício [m.c.a.]
$Z_n$	diferença de cota entre o ponto x e a rede pública de distribuição [m]
$\Delta H_T$	perdas de carga totais [m.c.a.]
K	rugosidade da tubagem [ $m^{1/3}/s^{-1}$ ]
L	comprimento da tubagem [m]
A	secção da tubagem ocupada pelo fluido [ $m^2$ ]
R	raio hidráulico [m]
i	inclinação [m/m]
$t_s$	taxa de ocupação
$D_v$	diâmetro da coluna de ventilação [mm]
$L_v$	comprimento da coluna de ventilação [m]
$Q_{min}$	caudal mínimo [l/s]
$Q_{tot}$	<i>total flowrate</i> (caudal total) [l/s]
$Q_{ww}$	<i>waste water flowrate</i> (caudal de águas residuais) [l/s]
$Q_p$	<i>pumped water flowrate</i> (caudal de água bombeada) [l/s]
$Q_{máx}$	caudal máximo admitido na tubagem [l/s]
DN	diâmetro nominal [mm]

(Página em branco)

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**

(Página em branco)

## 1.1. Enquadramento

O Homem desde os primórdios da sua existência tenta elevar a sua segurança e qualidade de vida face às adversidades que a natureza lhe proporciona, visando a sua sobrevivência. Sendo a água o elemento base à sua subsistência, o Homem procura desenvolver formas de captação e transporte daquela, para que o contacto com a mesma seja permanente e constante, respondendo às suas necessidades básicas.

As redes prediais surgem como exemplo de técnica de transporte de água, tendo presentes níveis satisfatórios de conforto e qualidade, que respondem às necessidades básicas de sobrevivência do Homem. As redes prediais de abastecimento de água têm a função de transportar e prover de água os vários dispositivos sanitários presentes numa habitação e as redes prediais de drenagem de águas residuais a função de fazer o escoamento dos resíduos para fora da habitação, nomeadamente para um coletor residual público.

No entanto, a instalação destas redes num edifício é bastante complexa pois são vários os aspetos a ter em conta para que a rede tenha sucesso ao desempenhar a sua função, como por exemplo, os materiais e formas a usar na sua constituição, as zonas de passagem, leis físicas, etc.. Face a esta complexidade, o Homem ao longo dos anos veio a estudar e a aperfeiçoar meios de otimizar o processo de abastecimento e drenagem feito pelas redes, e para tal criou regras que permitissem uma conceção das redes da forma mais potencializada e simples.

Atualmente existem vários documentos normativos, emitidos por diferentes entidades reguladoras, que fazem o controlo dos projetos de conceção das redes prediais. No entanto, apesar de incidirem sobre a mesma matéria, é possível encontrar divergências entre eles, como por exemplo, no método de dimensionamento, e entre valores e parâmetros de dimensionamento. É sobretudo na fase de dimensionamento das condutas que são observadas tais divergências e como tal, surge a necessidade de ser feito um estudo comparativo entre as diferentes metodologias de dimensionamento.

## 1.2. Objetivos

A presente dissertação pretende reunir a informação necessária à correta análise, conceção e dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água fria e das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas com base em três regulamentos distintos: o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), a norma “EN 806-3” referente a instalações de abastecimento de água e a norma “EN 12056-2” relativa a instalações de drenagem de águas residuais.

Com o intuito de evidenciar as particularidades próprias de cada norma, pretende-se realizar uma análise crítica e comparativa das três normas, a partir dos resultados obtidos na sua aplicação em um caso prático comum.

## 1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação engloba duas vertentes distintas e está organizada em cinco capítulos. A primeira vertente corresponde ao estudo teórico da constituição e dos métodos de dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais. A segunda vertente corresponde à aplicação prática dos conhecimentos teóricos a um caso de estudo.

O Capítulo 1 faz uma breve introdução do tema, na qual colmata com a apresentação da principal meta da realização da dissertação.

No Capítulo 2 é constituído pelo estado de arte onde está descrita a evolução histórica mundial das instalações hidráulicas com aprofundamento da evolução destas em Portugal; a evolução da legislação vigente em Portugal; a qualidade e cobertura dos serviços de água em Portugal e por fim a descrição de documentos normativos, nomeadamente o documento português "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais" (RGSPDADAR) [1] e os documentos europeus EN 806-3, *Specifications of Installation Inside Buildings Conveying Water for Human Consumptions - Part*

3: *Pipe Sizing - Simplified Method* [2] e EN 12056-2, *Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation* [3], que serão os documentos alvos de estudo da presente dissertação.

O Capítulo 3 apresenta a constituição, classificação, traçado e instalação das redes prediais domésticas.

No Capítulo 4 são abordados os métodos de cálculo necessários ao dimensionamento das redes prediais domésticas, descritos pelo RGSPDADAR [1], pelo EN806-3 [2] e pelo EN 12056-2 [3].

No Capítulo 5 é analisado um edifício unifamiliar. É feito o traçado das redes prediais de abastecimento de água e drenagem de águas residuais com um posterior dimensionamento destas pelas diferentes normas e comparação direta entre os diferentes dimensionamentos.

Por fim o Capítulo 6 é reservado ao levantamento de conclusões do trabalho desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros.



(Página em branco)

# **CAPÍTULO II**

## **ESTADO DE ARTE**

(Página em branco)

## **2.1. Instalações hidráulicas – resenha histórica**

### **2.1.1. Enquadramento geral**

É do conhecimento geral que em todo o estudo é necessário uma aprendizagem e consciência relativa à génese do mesmo. Assim, neste Capítulo irá ser tratada informação referente ao contexto histórico das redes de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.

Atualmente e em grande parte dos países considerados evoluídos, o Homem com a simples abertura de uma torneira, consegue satisfazer as suas necessidades primárias de higiene. Contudo, houve períodos, e ainda existem hoje casos, em que tal não é possível. Exatamente pela carência de higiene e saúde, o Homem procurou formas de condução de água, para o local onde habitava, onde se poderia hidratar, lavar, e despejar os seus dejetos para que fossem conduzidos para um local comum distanciado do seu meio, evitando assim doenças, epidemias, entre outros.

Este conceito de saneamento e salubridade, que remonta a sociedades muito antigas espalhadas pelo globo, foi evoluindo paralelamente à crescente consciência da prosperidade humana, o que obriga, para uma melhor perceção, a abordar este tema nas diferentes fases da história.

Estudos arqueológicos revelam que na antiguidade, nomeadamente no período entre 4000 a.C. e 200 a.C., já existiam sistemas de condução de água e drenagem de resíduos. Apesar da sua antiguidade, estes sistemas já demonstravam conhecimentos avançados por parte dos povos, dada a elevada qualidade e adequação ao seu propósito.

São exemplos, o Egito onde foram encontrados tubos de cobre enterrados para a condução e remoção da água de sanitários no palácio do Faraó; a cidade de Kish cujas escavações revelaram restos de condutas de cerâmica e piscinas; a Babilônia era dotada de sistemas de escoamento de esgotos, que por sua vez, possuía poços de inspeção, e também se acredita que possam ter existido sistemas de irrigação nos jardins suspensos da Babilônia apesar de não haver vestígios [4].

Na idade do Bronze (aproximadamente entre 3300 a.C. e 1000 a.C.) a civilização Mesopotâmica teve um papel importante na construção de infraestruturas de drenagem e saneamento, introduzindo sarjetas e sumidouros para a recolha de águas de superfície e encaminhamento para os coletores, com recurso ao tijolo [5].

Foram também descobertas, no Paquistão, caleiras de drenagem nos arruamentos, as quais foram desenvolvidas pela civilização Hindu em 3000 a.C., apresentando um nível de detalhe que permitia, por exemplo, a adaptação dos coletores para utilização de caudais mais reduzidos. Em Cnossos, na ilha de Creta, é ainda possível admirar os templos desta época, cuja construção revela, além de grandes terraços, a utilização de terracota e pedra para a construção de um elaborado sistema de drenagem de águas pluviais e dejetos que eram transportados em canais para locais afastados. Em Jerusalém, foi encontrado o primeiro registo, datado de 1000 a.C., de um sistema separativo de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais cobrindo parte da cidade [6].

Os egípcios foram dos povos mais notáveis devido à sua capacidade de gerir a água de forma sustentável, o que lhes permitiu viver em harmonia com o ciclo de cheias do rio Nilo. Assis-tiu-se a uma migração das populações que abandonaram os pequenos povoamentos e a instalaram-se em cidades e comunidades maiores. Com a concentração da população em determinados pontos surgiram problemas sanitários. Em alguns bairros religiosos e de elite da cidade de Herakopolis, houve um esforço importante de remoção e transporte dos resíduos para zonas afastadas da cidade, nomeadamente, para o rio. Nas casas mais ricas eram instaladas casas de banho com assentos sanitários de calcário. O chão de pedra tinha uma ligeira inclinação e as paredes eram forradas, até uma altura do chão de cerca de meio metro, com pedra encrespada para proteção contra humidades e salpicos. A drenagem e condução ao exterior dos dejetos eram feitas através de canais que atravessavam a parede exterior do compartimento e depositavam os resíduos em vasos ou diretamente na areia. Em alternativa, usavam-se nas casas de banho bacias para receber as águas que escorriam ao longo da pendente do chão.

Em habitações mais humildes utilizavam-se latrinas de madeira, por baixo das quais eram colocadas bacias de cerâmica para a recolha dos resíduos, que também eram utilizadas como sanitas portáteis. A areia era muitas vezes utilizada nas latrinas para absorver os resíduos sendo depois recolhida e depositada no rio [7].

Na China, entre 1100 e 221 a.C., existiam várias cidades ao longo da bacia do Rio Amarelo e da bacia inferior do Rio Yangtsé que integraram sistemas urbanos de drenagem de águas residuais. Em particular refira-se a rede encontrada em Lingzi – capital do reino Qin e atual cidade de Zibo – constituída por sistemas sofisticados de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais e que, até à data, é a maior e mais antiga encontrada na China. O rio alimentava, através de canais de adução, um fosso que rodeava as muralhas da cidade e que, por sua vez, abastecia a mesma por meio de canais que atravessavam as muralhas. Dentro da cidade existiam então três redes urbanas – uma de abastecimento de água, uma de drenagem de águas pluviais e outra de drenagem de resíduos – que forneciam água para uso diário e recolhiam as águas residuais que eram depois encaminhadas de novo para fora das muralhas e depositadas numa secção a jusante do rio [7].

Os romanos desenvolveram e aperfeiçoaram técnicas de outros povos, tendo dado especial importância a questões de ordem de saúde pública e saneamento básico, e por isso mesmo foram os grandes impulsionadores no que refere à evolução dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos. Em Roma, no séc. II a.C., a adução de água teria o valor de cerca de 13 m<sup>3</sup>/s para uma população superior a um milhão de habitantes. Só para o abastecimento da capital do seu império, os romanos construíram 11 grandes aquedutos, totalizando 613Km, sabendo-se que pelo menos outras 40 cidades romanas eram abastecidas de forma semelhante. O aqueduto romano mais extenso – “*Aqua Marcia*” – apresentava um comprimento total de 90Km.

Foram ainda inovadores relativamente aos sistemas de aquecimento de água, que começaram por ser usados nos seus famosos “banhos”. Criaram ainda sistemas de abastecimento de água fria e quente, em alguns casos já com recurso a torneiras. Em Roma, nos finais do séc. VI a.C. foi construída a chamada “*Cloaca Máxima*”, uma das mais antigas redes de esgotos do mundo e uma obra pública de excelência do Império. Trata-se de um coletor em tijolo, com 3,5 m de diâmetro [8].

A Idade Média é um período de aproximadamente mil anos, que vai da queda do Império Romano, em 476, até a tomada de Constantinopla pelos turcos-otomanos em 1453 (século XV). Observaram-se retrocessos significativos nos sistemas de drenagem de águas residuais, com a conseqüente difusão de epidemias, como a conhecida “peste negra”, que dizimaram populações inteiras.

O retrocesso foi de tal ordem que, mesmo no século XVII, ainda se considerava que os parasitas e diversas doenças existiam em abundância no corpo humano como consequência de transpirações mal controladas, podendo ler-se num tratado de higiene da época que “os corpos cacoquímicos com abundância de humores ácidos possuem geralmente muitos desses animais” [6].

Na Europa Medieval, constituída sobretudo por povoamentos rurais, as populações fixaram-se junto aos cursos de água, uma vez que não existiam sistemas canalizados de captação, transporte e distribuição de água. Os raros sistemas de drenagem consistiam em construções muito subdesenvolvidas, quando comparadas com as que existiram na Antiguidade. Em algumas cidades existiam aguadeiros, que circulavam com carroças a vender água, mas este era um bem dispendioso na altura e o consumo médio per capita era muito reduzido (cerca de 1l/dia). Algumas cidades porém, souberam ser exceções, perante o cenário Europeu de vida urbana, mantendo sistemas de abastecimento e drenagem romanos e garantindo melhores condições de higiene. São exemplos as cidades de Fano e Pavia no norte da Itália. Relatos relativos a Pavia mostram que no século XIV, quase no final da Idade Média, ainda funcionavam as redes enterradas de drenagem de águas residuais e a generalidade das habitações possuía instalações sanitárias [7].

A Idade Moderna é o período histórico que se estende de 1453 (século XV) até 1789 (século XVIII), início da Revolução Francesa. No plano económico, esta época foi marcada pelo desenvolvimento do capitalismo comercial (ou mercantil), forma inicial do sistema capitalista [9].

No início desta era voltaram a aparecer trabalhos relevantes de drenagem e canalização de “águas pestilentas”. O primeiro coletor de águas enterrado de Paris data de 1370 (*Fosse de St. Opportune*). Este coletor era conhecido como o “coletor de cintura” e descarregava os esgotos no rio Sena. Uma vez que a manutenção era insuficiente e que a utilização do sistema era inadequada, surgiu, em 1530, à semelhança do que ocorrera em 1500 na Alemanha, o primeiro decreto legislativo que obrigava os proprietários de edifícios a construir fossas, passando a ser obrigatório pagar uma taxa de conservação do sistema a partir de 1721 [6].

Desde então foi sendo desenvolvida a legislação e a rede de drenagem de águas residuais da cidade foi crescendo. Em 1636 apenas um quarto dos coletores principais era coberto. Passa-

dos quase dois séculos, a falta de saneamento é apontada como a causa da propagação da epidemia de cólera e são movidos esforços que resultaram no restauro e na ampliação da rede de drenagem da cidade. Poucos anos depois, os canais a céu aberto foram substituídos por condutas enterradas. Apesar disso o sistema existente mostrou-se insuficiente e ineficaz e são feitas novas obras, a partir de 1850, sendo aproveitada apenas uma pequena parte da rede anterior [7].

A Idade Contemporânea é o período que se estende do século XVIII até os dias atuais. Ao longo dessas décadas, a Revolução Industrial atingiu seu ponto culminante. É uma era marcada pelas grandes guerras mundiais [9].

Desde o final do século XVIII e durante o século XIX assistiu-se a uma grande evolução das redes urbanas de abastecimento e drenagem de águas residuais. Por essa altura, uma mudança radical ao nível da consciencialização para as problemáticas do saneamento foi responsável pelo início dos avanços mais relevantes nesta área. Se antes a higiene pouco preocupava as pessoas esta passa a ser fator de distinção e hierarquia [7].

O início do século XIX foi marcado por uma evolução tecnológica significativa, com o surgimento do abastecimento domiciliário em pressão e com a generalização da instalação de ramais domiciliários de águas residuais e de coletores prediais.

As condutas mais utilizadas para a drenagem de águas residuais eram maioritariamente de barro e grés. As condutas de betão, que surgiram, no final do século XIX, como uma alternativa mais económica para aplicação a coletores públicos, não apresentavam características adequadas à sua utilização no interior dos edifícios. A evolução e o desenvolvimento dos materiais continuaram ao longo séc. XX, com o início da comercialização, apenas em 1929, nos EUA, das condutas de policloreto de vinilo (PVC), que atualmente são as mais utilizadas em redes prediais de drenagem de águas residuais. O cloreto de vinilo foi sintetizado pela primeira vez na Alemanha, em 1835, mas só em 1912 foi criado, por Fritz Klatte, um método que permitia a sua produção em maior escala. A produção industrial surgiu apenas no final da década de 1920 [6].

Ao nível dos sistemas de drenagem de águas residuais, houve uma evolução que se iniciou no final do séc. XIX e durou até ao 3º quartel do séc. XX. O sistema predial “separativo”, usado



no princípio do séc. XX, que consiste na drenagem das águas negras<sup>1</sup> em separado das águas de sabão<sup>2</sup>, foi sido progressivamente substituído pelo sistema “unitário”, constituído por uma única rede de coletores onde são admitidas as águas residuais domésticas, pluviais e industriais [8].

Também no início do século XX, começaram a ser definidos métodos empíricos de dimensionamento e, na segunda metade do século, surgiram os primeiros métodos probabilísticos para projetar as redes de água. Ainda neste século, a partir da década de 1970, iniciou-se a formulação de modelos matemáticos e, na década de 1980, emprega-se o CAD nas redes prediais e são levados a cabo estudos visando a racionalização da água.

A partir da segunda metade do século XX, a construção de redes de drenagem em todos os países desenvolvidos passaram a ser reguladas por documentos legislativos específicos. No entanto ainda hoje existem populações que não são abrangidas por este tipo de redes, sobretudo zonas rurais mais remotas [7].

### **2.1.2. Enquadramento das redes de drenagem em Portugal**

Em Portugal os primeiros registos históricos remontam ao século XV sob o reinado de D. João II. Devido à peste que se instalou no País, D. João II ordenou a limpeza “nos canos” que inicialmente recebiam as águas da chuva e onde se iam acumulando resíduos e dejetos.

Desde essa altura até 1755 (terramoto de Lisboa), não se registou, em Lisboa ou no resto do país, qualquer evolução em relação ao transporte de resíduos das áreas residenciais para outros locais, prevalecendo a expectativa das chuvas para proceder ao transporte e lavagem das ruas, as quais se encontravam sistematicamente imundas com os dejetos atirados pelas janelas das casas a hora pré-determinada com a conhecida expressão “água vai!”. Assim, em virtude do elevado crescimento populacional que se foi verificando na cidade de Lisboa, são recorrentes os registos desta época relativos à ocorrência de inundações com águas imundas, em particular nas zonas baixas da cidade [6].

---

<sup>1</sup> Águas negras é o termo usado para descrever resíduos líquidos de água contendo matéria fecal e urina.

<sup>2</sup> Águas de sabão, saponáceas ou águas cinzentas são consideradas águas não industriais que foram utilizadas em processos domésticos, como por exemplo, lavagem da roupa, da louça e banhos.

No final do séc. XVIII e na primeira metade do séc. XIX, observou-se uma evolução significativa, em Portugal, ao nível do ordenamento do território e do planeamento urbano, bem como ao nível das próprias construções. Ressano Garcia teve um papel muito importante neste processo, tendo projetado, em 1884, com inspiração na corrente higienista de Edwin Chadwick, um sistema unitário em malha para drenagem da cidade de Lisboa, o qual descarregava no estuário do rio Tejo [6].

No início do séc. XX começaram-se a utilizar elementos de betão pré-fabricado ou fabricado in-situ com juntas fechadas com argamassa de cimento para garantir de estanquidade e auto-limpeza da rede [6]. Também se verificou que grande parte dos maiores aglomerados urbanos do País dispunham já de coletores pluviais e unitários, parte deles executados no período da grande explosão construtiva que caracterizou o chamado "fontismo", e que a política, simbolizada por Fontes Pereira de Melo, tão claramente fomentou [10].

Entre a década de cinquenta e a década de setenta, foram remodelados e complementados, com base em planos gerais de saneamento, grande número dos sistemas de drenagem unitários existentes, e foram instaladas novas redes de drenagem separativas. Casos houve, como o Barreiro (na década de quarenta), Beja (na década de cinquenta), Viseu e Tomar (na década de sessenta), e Lisboa e Elvas (nas décadas de sessenta e setenta), em que se mantiveram, nos núcleos urbanos mais antigos e mais densamente povoados, os antigos coletores unitários, complementando-os com descarregadores de tempestade e obras de desvio, promovendo a ligação às condutas e emissários dos sistemas separativos adjacentes, construídos nas áreas recentemente edificadas [10].

Noutros casos, como em Almada, Cova da Piedade, Costa da Caparica, Setúbal e Espinho, foram projetados e construídos sistemas inteiramente separativos, que diretamente substituíram os anti-higiénicos e obsoletos procedimentos de recolha de dejetos domésticos por viatura municipal. Nas povoações alentejanas de Beja, Évora e Elvas, foram projetados e construídos longos emissários domésticos "de cintura", que ainda atualmente coletam os caudais desviados das zonas urbanas centrais, mais antigas, e transportam as águas das redes separativas, instaladas nas zonas de expansão urbana, para os locais de tratamento. As cidades de Viseu e Tomar têm a particularidade de serem subdivididas por linhas de água importantes, cuja consideração obrigou, no primeiro caso, à instalação de dois emissários marginais [10].

Ao longo da primeira metade do séc. XX foi sendo gradualmente utilizado o grés em substituição do betão. Nas últimas duas décadas do séc. XX, o maior esforço e investimento incidu no desenvolvimento de sistemas de tratamento de águas residuais (ETAR) [6].

### 2.1.3. Enquadramento das redes de abastecimento de água em Portugal

Apesar de alguns vestígios arqueológicos sustentarem a convicção de que por altura do Império Romano existiram estruturas de abastecimento de água, é a partir do século XVII, que surgem as obras mais relevantes para a evolução destas redes em Portugal.

Uma das mais notáveis obras da história Portuguesa foi o aqueduto das Águas Livres (Figura 2.1) que, na altura, supriu (por pouco tempo) as necessidades de abastecimento da população lisboeta, ainda que representasse apenas diariamente 8l/capita. Este, com uma extensão de cerca de 19 Km, consistia numa conduta livre com troços enterrados através dos montes e troços sobre estruturas em arco que atravessavam os vales. Este conduzia por gravidade a água captada no Olival do Santíssimo até à Casa das Águas. Ao longo do tempo ao aqueduto foram-se juntando novos ramais e galerias de distribuição.



**Figura 2.1:** Aqueduto das águas livres (fonte: <http://lisboa.convida.pt/poi/see-do/aqueduto-das-aguas-livres-7722/36>)

Nesta data a população abastecia-se gratuitamente dos chafarizes e fontes públicas e o único sistema de abastecimento domiciliário consistia num serviço dos aguadeiros. Estes transpor-

tavam barris de água com capacidade para 25l e que custavam 20 réis, um valor elevado para a época [7].

Em meados do século XIX, face à carência de água e ao aumento da população, impôs-se a construção de redes de abastecimento complexas, tanto no seu desenvolvimento como na sua composição, que levou a cabo obras de captação, elevação, transporte e distribuição domiciliária de água [7].

A partir do século XX a conceção das redes interiores teve significativos avanços essencialmente no desenvolvimento dos seus dispositivos e no processo de cálculo do seu dimensionamento. Verificou-se um grande progresso, tanto nos materiais utilizados para o transporte de água como nos dispositivos de controlo de pressão e caudais (grupos elevatórios, válvulas, entre outros). Em relação aos materiais das condutas, a grande revolução aconteceu no decurso do século XX com o aparecimento das condutas feitas em materiais plásticos, antes disso o abastecimento de era efetuado por canalizações rígidas onde era predominante o uso de ferro galvanizado [11].

## **2.2. Legislação em Portugal**

A regulação dos serviços públicos, em particular dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, é um assunto com uma grande importância económica e social, uma vez que são serviços essenciais para o desenvolvimento e coesão da sociedade. De facto, esta é a era da regulação. Por todo o mundo os países têm vindo a criar novas entidades que assegurem a regulação dos serviços públicos de águas. Por conseguinte, este é um tema da maior pertinência hoje em dia [12].

Em Portugal, os serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, que têm a sua génese em questões de saúde pública, apresentam hoje níveis globais de acesso aos serviços e de infraestruturção ao nível dos indicadores de referência internacionais [13].

Antes de 1993, a situação global dos serviços de abastecimento público de água e saneamento de águas residuais em Portugal era bastante deficiente e apresentava dificuldades em responder aos novos desafios impostos pela União Europeia. Nesse ano, o Governo Português legislou no sentido de permitir o acesso de capitais privados às atividades de exploração e gestão dos serviços de água. Comprometeu-se ainda com a reorganização do setor de forma a garantir um acesso universal e contínuo da população aos serviços, elevados níveis de qualidade de serviço, nomeadamente em termos de qualidade de água, acessibilidade económica aos serviços e a promover a sustentabilidade ambiental [14].

Com a herança de um século, em que foi uma competência exclusivamente pública, atribuída às autarquias e financiada pela Administração Central segundo uma estratégia preponderantemente política, o setor das águas tem vindo a ganhar uma crescente lógica empresarial, para a qual contribuiu, de uma forma incontornável, a alteração legislativa preconizada em 1993 e a reestruturação do setor operada na sua sequência [13].

Ou seja, o aparecimento dos sistemas multimunicipais cuja exploração e gestão é exercida diretamente pelo Estado, ou atribuída por este, em regime de concessão, a entidades públicas de natureza empresarial ou à empresa que resulte da associação de entidades públicas, em posição obrigatoriamente maioritária no capital social, com entidades privadas.

No seguimento da reestruturação do setor das águas ocorrida na última década do século passado, que abriu caminho à intervenção direta do Estado no setor, alterando uma competência historicamente atribuídas, exclusivamente, às autarquias, e que resultou na constituição dos sistemas multimunicipais, surgem dois novos conceitos: os sistemas “em alta” e os sistemas “em baixa”, ou simplesmente “alta” e “baixa”. Entende-se por “alta” de abastecimento de água as infraestruturas de produção de água potável, adução e, eventualmente, de reserva e regularização e o correspondente serviço de fornecimento e venda de água aos sistemas “em baixa”. No saneamento de águas residuais, denomina-se de “alta” a prestação de serviços aos sistemas “em baixa” que compreende a interceção, o transporte e o tratamento de águas residuais urbanas. Os sistemas “em baixa” correspondem a prestação direta destes serviços às populações. A atividade “em alta” está maioritariamente reservada às empresas multimunicipais e a atividade “em baixa” maioritariamente reservada aos municípios, embora estes possam concessionar a sua gestão a empresas privadas [13].

Em 1994, após a reestruturação e configuração do setor, começam a surgir diagnósticos que descreviam a operacionalidade do setor, diagnósticos estes que enumeravam várias falhas técnicas, de entre as quais se podem destacar:

- Baixa qualidade dos materiais, equipamentos e projetos;
- Falta de ordenamento do setor;
- Carência de infraestruturas em várias regiões;
- Carência de municípios envolvidos;
- Baixa eficiência dos sistemas devido à falta de reabilitação;
- Reduzida exploração dos sistemas;
- Falta de conhecimento, experiência e planificação;
- Reduzidos recursos humanos habilitados;
- Dificuldade de articulação com outras entidades;
- Desinteresse dos municípios;
- Falta de meios financeiros.

A situação era claramente inoportável e havia necessidade de se criar uma série de condições para que a exploração dos sistemas pudesse ser realizada de forma eficiente, sustentável e com elevados padrões de qualidade.

Uma das primeiras medidas tomadas, que se encontrava prevista no novo quadro legal, foi a alteração da regulamentação técnica e a substituição dos “Regulamento geral de abastecimento de água” e “Regulamento geral das canalizações de esgoto”, de 1943 e 1944, respetivamente, que ocorreu a 23 de agosto 1995 com a publicação do Decreto Regulamentar n.º 23/95, que aprovou o “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais”, com o objetivo de definir os princípios gerais de conceção, construção e exploração deste tipo de sistemas [13].

Mais detalhadamente, o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) atribui competências para as autarquias locais, incumbindo os municípios de assegurar o abastecimento de água, como também de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos, possibilitando a criação de sistemas multimunicipais. Assim sendo, cabe a cada município prever regulamentos que se apoiem no Regulamento Geral, mas com algumas variantes, que melhor se adequem à atividade gestora [8].

O século XX não iria acabar sem ser resolvido o vazio na coordenação das políticas nacionais de abastecimento e saneamento de águas residuais que havia sido criado com a extinção, em 1987, da Direção Geral do Saneamento Básico, que não tinha encontrado resposta adequada com a criação do Instituto Nacional de Água (INAG) em 1993. Este vazio institucional foi apenas ultrapassado em 1997, com a criação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), com as atribuições de entidade reguladora desses serviços [13].

A criação do IRAR, pelo artigo 21º do Decreto-Lei n.º 230, revelou-se uma importante medida de defesa dos direitos dos utilizadores, bem como de salvaguarda da sustentabilidade económica dos sistemas [12]. Tem também funções de autoridade competente no que concerne à qualidade da água para consumo humano, englobando aqui todos os Serviços de Abastecimento e Saneamento (SAS) portugueses [12].

Também nesse ano, é aprovado o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) e o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais” (PEAASAR).

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), configurou um instrumento de planeamento de referência na área dos resíduos urbanos (RU), que proporcionou a implementação de um conjunto de ações que se revelaram fundamentais na concretização da política de resíduos urbanos, preconizada na altura [15].

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), que viria a ser atualizado em 1999, definia para o período 2000-2006 um conjunto de orientações estratégicas no que respeita às intervenções indispensáveis para completar e melhorar a cobertura do País em abastecimento de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos urbanos. Visava-se, então, atingir níveis de atendimento da população de 95% em água no domicílio e de 90% em drenagem e tratamento de águas residuais [13].

O PEAASAR 2000-2006 preconizava a criação de 21 novos sistemas plurimunicipais de abastecimento de água e/ou saneamento de águas residuais, juntando-se aos 11 já existentes na altura, como forma de otimização da construção e gestão das infra-estruturas. No final de

2006 observava-se um ordenamento ligeiramente diferente, na medida em que a configuração de alguns sistemas foi alterada em função das opções dos municípios. O seu balanço demonstrou que, apesar dos progressos alcançados, existiam questões fundamentais por resolver, que o simples prolongar no tempo dos objetivos do PEASAAR não resolviam, havendo a necessidade de reformular a estratégia. Realizou-se então uma nova reflexão sobre o setor, cujas orientações resultantes são materializadas através do projeto de Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais II (PEAASAR II) para o período de implementação 2007-2013, que coincide com o período de implementação do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) que, por sua vez, enquadra as perspetivas financeiras da União Europeia [13].

No PEAASAR II foram definidos três grandes objetivos estratégicos e as respetivas orientações que devem enquadrar os objetivos operacionais e as medidas a desenvolver no período compreendido entre 2007 e 2013, nomeadamente: a universalidade, continuidade e qualidade do serviço, a sustentabilidade do setor e a proteção dos valores ambientais, através da incorporação dos princípios subjacentes à estratégia nacional e comunitária para o desenvolvimento sustentável e da afirmação das boas práticas ambientais. Deste modo, o plano visava assegurar: o abastecimento de 95% da população total do País com sistemas de abastecimento público de água, devendo cada sistema integrado atingir, pelo menos 90% da população abrangida; servir 90% da população total do País com sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas, devendo em cada sistema integrado o nível de atendimento atingir pelo menos 85% da população abrangida; obter níveis adequados de qualidade do serviço, mensuráveis pela conformidade com indicadores de qualidade de serviço definidos; estabelecer, a nível nacional, tarifas ao consumidor final que, tendencialmente, evoluam para um intervalo compatível com a capacidade económica das populações [16].

Simultaneamente em 2007, foi aprovado, através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de fevereiro, o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), que dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, assegurando, designadamente, o cumprimento dos objetivos comunitários em matéria de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro e de reciclagem e valorização de resíduos de embalagens, e procurando colmatar as limitações apontadas à execução do PERSU I [15].



Através da aprovação da nova Lei Orgânica do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, em 2006, foi dado início à reestruturação na regulação do setor, com a criação da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e o alargamento da ação do poder regulatório a todas as entidades de cariz empresarial do setor, ou seja, estendida às empresas municipais e às intermunicipais, visto que, até aí, apenas se encontravam sob a alçada regulatória do então IRAR, os sistemas multimunicipais e municipais concessionados, à exceção das funções de controlo da qualidade da água para consumo humano, exercidas junto de todas as entidades gestoras, independentemente do modelo de gestão [13].

No setor da água coexistem numerosos e diversificados tipos de intervenientes. Ao nível da administração, são de referir os papéis desempenhados pela entidade reguladora (IRAR) e pelos restantes órgãos da Administração Pública, nomeadamente o Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), o Instituto da Água (INAG), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), as CCDR, a Direcção-Geral do Consumidor (DGC), a Autoridade da Concorrência (AC), a Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e os municípios. Por fim, não só associado à operação dos SAS, a empresa Águas de Portugal (AdP) possui um papel bastante relevante e estruturante no desenvolvimento do setor [12].

O MAOTDR é o departamento governamental responsável pela definição, execução e coordenação das políticas de ambiente, da conservação da natureza, da biodiversidade, do ordenamento, equilíbrio e coesão do território, da habitação, das cidades e do planeamento e desenvolvimento regional. Tem ainda a responsabilidade da coordenação global do QCA - Quadro Comunitário de Apoio, numa perspetiva de desenvolvimento sustentável, cabendo-lhe a promoção do exercício da cidadania, do bem-estar e da qualidade de vida das populações e da promoção do desenvolvimento equilibrado das diversas regiões do País [17].

O INAG é um instituto público criado em 1993, sob a tutela do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. É a autoridade nacional da água, sendo-lhe reconhecidos, e exercendo, os poderes necessários à garantia da qualidade e à utilização racional e sustentável dos recursos hídricos, cabendo-lhe ainda competências de autoridade de segurança de barragens [18].

A APA é um projeto virado para a sociedade. Resultante da fusão de 9 organismos, conforme estipulado pelo Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de março. A APA conta com mais de 800 colaboradores(as) e inclui 5 Administrações Regionais Hidrográficas. As suas competências são vastas, mas a sua missão é clara e focada na gestão integrada das políticas ambientais, de forma articulada com outras políticas sectoriais e tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente [19].

As CCDR (Comissão De Coordenação E Desenvolvimento Regional) são organismos descentralizados da Administração Central (MAOTDR) com competências de regulação ambiental e com funções de coordenação geral, planeamento, licenciamento e fiscalização, designadamente no caso de captações de água e de descarga de águas residuais. As CCDR constituem ainda as autoridades de gestão dos fundos comunitários dedicados a cofinanciamento de investimentos nas redes em “baixa” dos SAS. Todavia, a Lei da Água estabeleceu a criação das Administrações da Região Hidrográfica (ARH), as quais abrangem parte das competências das CCDR [12].

A Direção-Geral do Consumidor (DGC) é o instituto público a que estão atribuídas as funções de promover a política de salvaguarda de direitos dos consumidores bem como coordenar e executar as medidas tendentes à sua proteção, informação e educação e apoio das organizações de consumidores [20].

A Autoridade da Concorrência (AC), criada em 2003, é a entidade que tem por missão garantir a aplicação da política de concorrência em Portugal. Tem a responsabilidade de assessorar o Governo, a pedido deste ou por iniciativa própria, na definição das linhas estratégicas e das políticas gerais, tendo em vista o funcionamento eficiente dos mercados, a repartição eficaz dos recursos e os interesses dos consumidores, sugerindo ou propondo medidas de natureza política ou legislativa [21].

A Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), criada em 1986, é uma entidade que representa e defende os interesses dos agentes responsáveis pelos sistemas, de abastecimento de água e águas residuais e de todos os demais intervenientes neste domínio. Simultaneamente, esta Associação estimula o tratamento, investigação e desenvolvimento dos assuntos relacionados com a quantidade e qualidade das águas de abastecimento, drenagem e

destino final das águas residuais, constituindo um fórum para profissionais de diversas formações com intervenção no domínio das águas [22].

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) constitui um laboratório de investigação de referência, a nível nacional e internacional, no âmbito da engenharia civil, incluindo a área da hidráulica e, em particular, a da engenharia sanitária [12].

As Águas de Portugal (AdP), pertencente ao setor empresarial do Estado, constitui o principal grupo empresarial do setor do Ambiente em Portugal, e tem por missão contribuir para a resolução dos problemas nacionais nos domínios de abastecimento de água, de saneamento e de tratamento e valorização de resíduos, num quadro de sustentabilidade económica, financeira, técnica, social e ambiental. Atualmente, esta empresa congrega a sua atividade em mais de 50 empresas, incluindo algumas de âmbito internacional [12].

Em 2011 existiam a operar no setor do abastecimento público de águas e drenagem de águas residuais 31 concessões municipais, abrangendo aproximadamente 7,9 milhões de habitantes com os serviços de água, ou seja, mais de três quartos da população de Portugal Continental é servida por uma entidade com este tipo de submodelo de gestão.

As concessões multimunicipais são por isso incontornáveis no setor de águas e resíduos estando, geralmente, ligadas à prestação do serviço em alta (RASARP, 2012).

Segundo o “Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal” (RASARP), desde 1995, ano em que se criou a primeira entidade, têm sido criadas aproximadamente 2 concessões municipais por ano. Entre 1995 e 2001 observou-se um maior crescimento de entidades, registando-se nos últimos anos um crescimento mais contido (RASARP, 2012).

Contudo, o mercado concessionado tem maior representatividade no setor em alta comparativamente ao setor em baixa. A criação por iniciativa estatal de sistemas multimunicipais permitiu uma expansão importante do mercado concessionado de serviços em alta. A dimensão do mercado concessionado de serviços em baixa é mais reduzida, estando a provisão destes serviços a ser maioritariamente assegurada por entidades públicas na modalidade de gestão direta.

Em dezembro de 2013 terminou o período de implementação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 – PEAASAR II, tendo em julho desse ano entrado em funções a Comissão de Acompanhamento encarregue da sua revisão e da definição de um novo plano estratégico para o período 2014-2020. A Comissão concluiu os seus trabalhos com a apresentação do relatório “PENSAAR 2020 – Uma Nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais”, em dois volumes [15].

Apesar de inicialmente se prever um período de implementação mais alargado, também em 2013 se iniciaram os trabalhos de revisão do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 – PERSU II, tendo sido criada em maio de 2013 a Comissão de Acompanhamento dos Trabalhos de Revisão do PERSU II, com vista à elaboração do novo plano estratégico para o setor dos resíduos urbanos, o PERSU 2020. A Comissão concluiu os seus trabalhos em 2014 e o novo plano estratégico do setor, com o título “PERSU 2020 – Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos”, foi aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro [15].

Desta forma, ambos os planos estratégicos passam a estar alinhados com o novo ciclo de financiamento comunitário a desenvolver entre 2014 e 2020, canalizado para o setor de águas e resíduos através do POSEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos [15].

Para o acompanhamento e monitorização da implementação do PENSAAR 2020 e do PERSU 2020, ambos os planos preveem a constituição do respetivo Grupo de Apoio à Gestão (GAG), que integram a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), enquanto Autoridade Nacional da Água e Autoridade Nacional de Resíduos, bem como diversas entidades representativas dos setores em causa. A ERSAR acompanhará e apoiará os trabalhos a desenvolver em ambos os Grupos de Apoio à Gestão (GAG), nomeadamente através do fornecimento de informação. O RASARP em si mesmo já acompanha os desenvolvimentos mais relevantes do setor de águas e resíduos desde 2004 [15].

### **2.2.1. Cobertura e qualidade dos serviços de água em Portugal**

O balanço dos primeiros cem anos dos serviços de abastecimento de água para consumo humano em Portugal tem como desfecho uma situação de enorme atraso sanitário consubstanciado na persistência de elevadas taxas de mortalidade e morbidade por doenças infecciosas relacionadas com a falta de condições de higiene e na evolução das percentagens de população servida com redes de água e esgotos: se em 1941 se determinara que apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária de águas (não existiam dados nacionais acerca das redes de esgotos), em 1972 esta percentagem seria de 40%, e de 17% para as redes de esgotos. No que se refere ao acesso ao saneamento de águas residuais, o panorama do País, nesse período, era dominado ou pela ausência do serviço ou o recurso a fossa coletivas [13].

Apesar da evolução verificada entre 1975 e 1987 (a percentagem de população servida com sistemas de abastecimento de água terá passado de 49,7% em 1976 para 62,5% em 1987, de 33,5% para 42,3% relativamente aos sistemas de drenagem de esgotos e de 3,2% para 11% com sistemas de tratamento de esgotos. Para além disso, assinalava-se, a evolução da qualidade do respetivo serviço não tinha acompanhado a evolução quantitativa dos níveis de atendimento ao longo deste período [13].

Em 1990, a Direcção-Geral da Qualidade do Ambiente concluiu que 54% da população servida com água no domicílio, usufruía de um serviço regular. Da restante população, 40% era bem servida, e 6% era mal servida. No que respeita a sistema de esgotos, o serviço era bom para 25% da população servida, regular para 51% e mau para 24% [13].

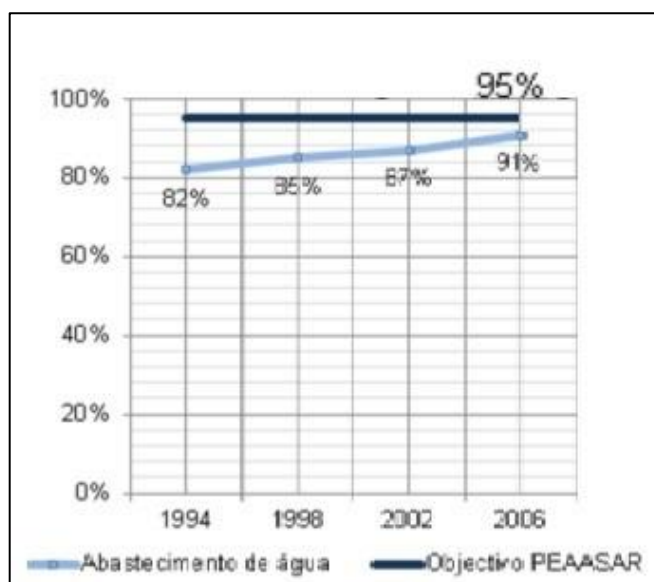
Até ao ano de 1993, a situação global dos serviços de abastecimento público de água e saneamento de águas residuais em Portugal era bastante deficiente e apresentava dificuldades em responder aos novos desafios impostos pela União Europeia.

Como referido na secção anterior, só nesse ano é que se começou a observar a implementação de legislação, ao abrigo do governo português, que garantia a qualidade e a abrangência dos serviços de abastecimento público de água e saneamento de águas residuais em Portugal, promovendo a sustentabilidade ambiental.

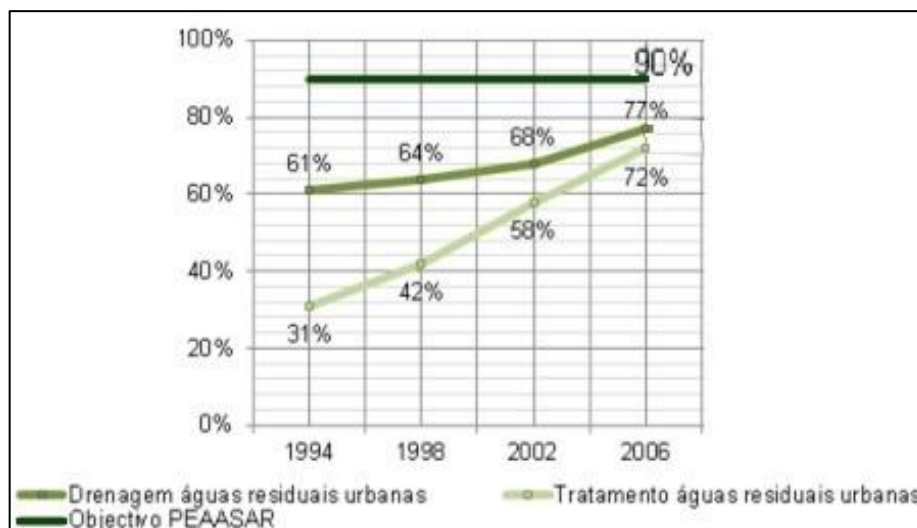
Já referido na secção anterior, o PEAASAR, aprovado em 1997, definia, para o período 2000-2006, um conjunto de orientações estratégicas no que respeita às intervenções indispensáveis para completar e melhorar a cobertura do País em abastecimento de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos urbanos. Visava-se, então, atingir níveis de atendimento da população de 95 % em abastecimento de água no domicílio e de 90 % em drenagem e tratamento de águas residuais [23].

Na avaliação sobre a concretização do Programa de Desenvolvimento Regional 1994-1999 efetuada no PEAASAR 2000-2006, referindo-se às condições de partida da vigência daquele programa, ou seja, o ano de 1994, registou-se até 2006 uma subida de 9% no atendimento das populações servidas de sistemas de abastecimento de água, ficando a 4 pontos percentuais dos 95% previstos pelo PEAASAR 2000-2006, tal como pode ser observado na Figura 2.2.

Relativamente à cobertura dos sistemas de drenagem de águas residuais, verificou-se uma evolução pouco acentuada entre 1994 e 2002 seguida de um crescimento de 9% até 2006, não conseguindo atingir a previsão inicial de 90% (Figura 2.3). Por outro lado, os níveis relativos ao tratamento das águas residuais sofreram um forte aumento de 41%, sendo a parcela que mais se distancia do inicialmente esperado apesar do significativo progresso.



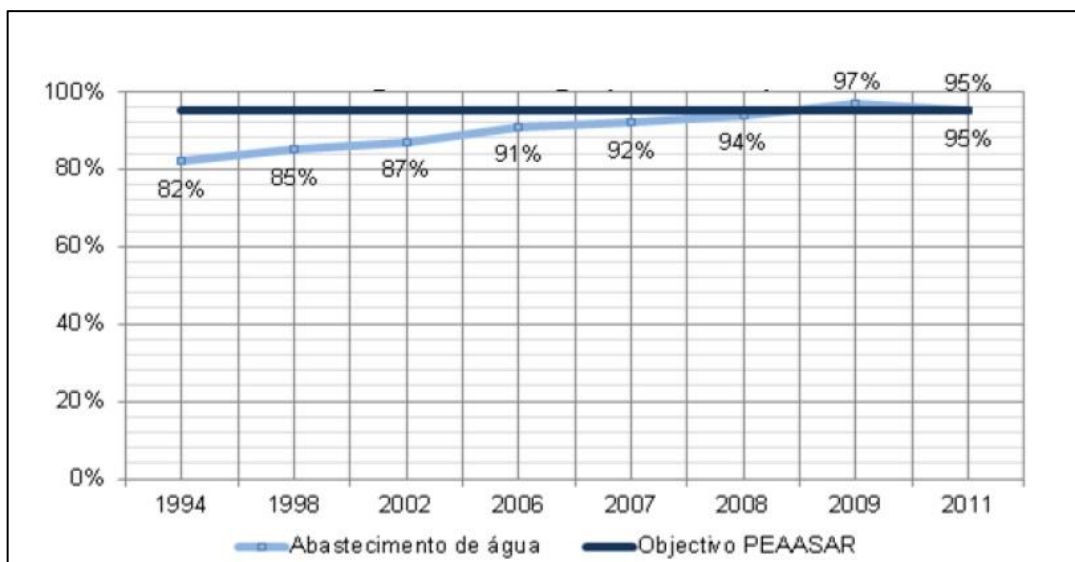
**Figura 2.2:** Cobertura do sistema de abastecimento de água (1994-2006) (Fonte: ERSAR 2011)



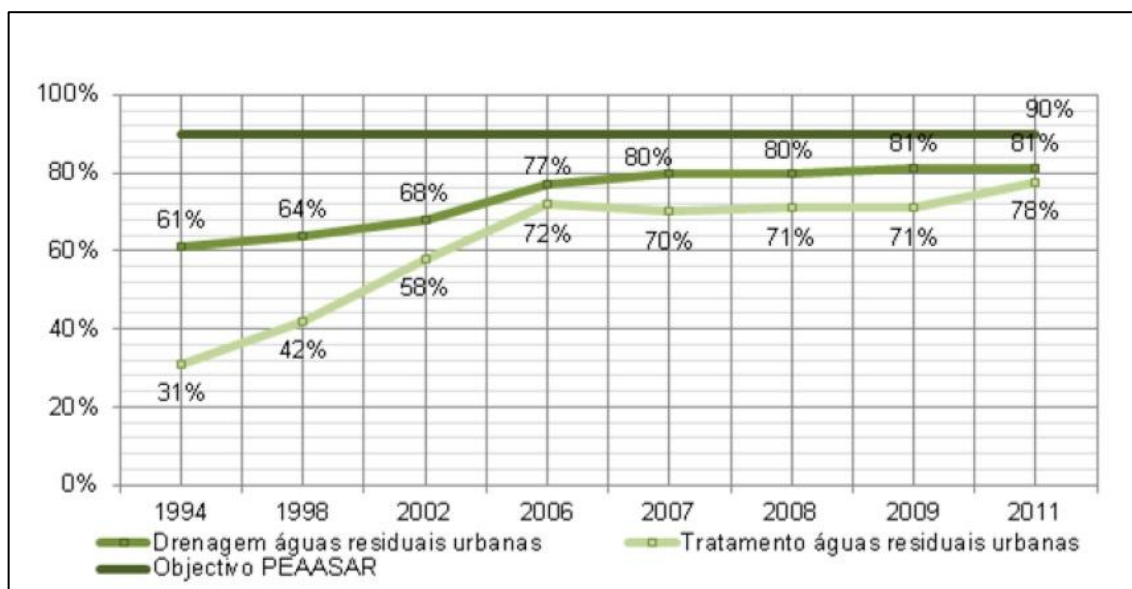
**Figura 2.3:** Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (1994-2006) (Fonte: ERSAR 2011)

De acordo com a última avaliação feita, entre 2006 e 2011 a taxa de cobertura dos serviços de abastecimento de água subiu cerca de 4%, atingindo os 95%, tal como se pode observar na Figura 2.4. Por seu lado, a cobertura dos serviços de saneamento de águas residuais aumentou 4% no que se refere à captação de águas residuais e 6% relativamente ao tratamento destas apesar dos retrocessos registados até 2009, situando-se bastante aquém do objetivo estabelecido no PEAASAR II (Figura 2.5).

Em relação à drenagem e tratamento de águas residuais ainda persistem dificuldades diversas no cumprimento das obrigações legais nacionais e comunitárias, apesar de se terem vindo a registar melhorias importantes. Com efeito, a população servida com rede de drenagem tem vindo a aumentar muito graças ao investimento realizado pelos municípios, que detêm a competência para a "baixa", sendo este, em muitos casos, cofinanciado por fundos comunitários dos planos operacionais regionais [13].



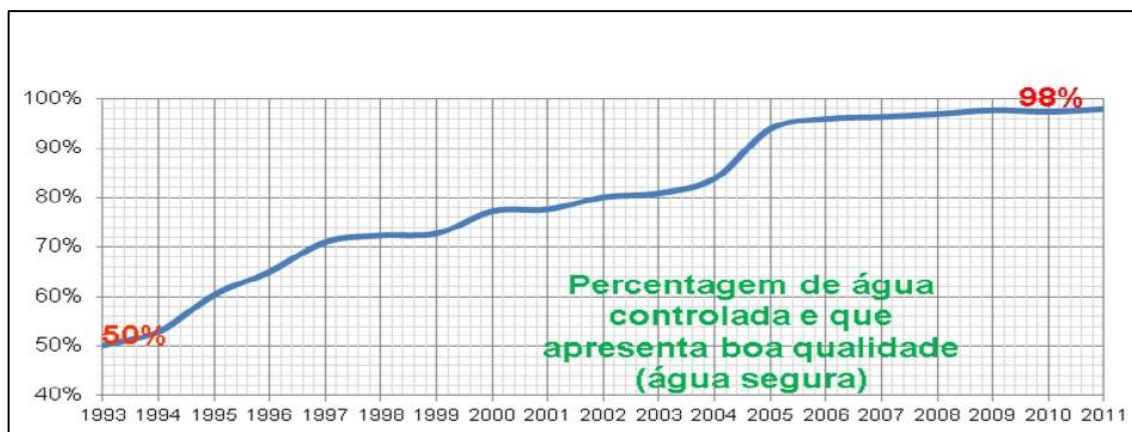
**Figura 2.4:** Cobertura do sistema de abastecimento de água (1994-2011) (Fonte: ERSAR 2011)



**Figura 2.5:** Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais (1994-2011) (Fonte: ERSAR 2011)

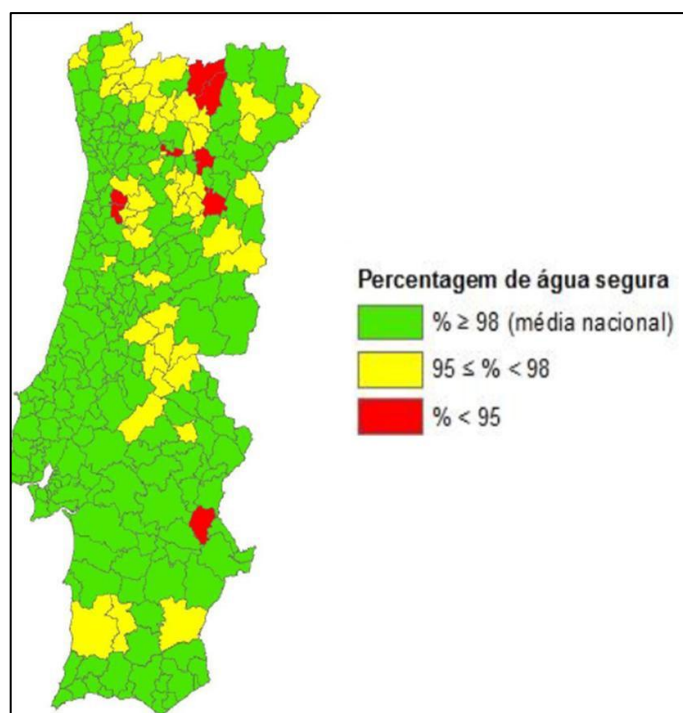
No que diz respeito à qualidade da água fornecida na torneira dos consumidores, e de acordo com a Figura 2.6, pode-se referir que, em 2011, 98 % da água controlada era de boa qualidade (água segura) quando em 1993 este indicador se situava apenas nos 50 %. [14].





**Figura 2.6:** Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade em Portugal (1993-2010) (Fonte: ERSAR, 2011)

As melhorias verificadas na qualidade da água são sustentadas por um exigente controlo, acompanhado por um crescente rigor na aplicação da legislação pelos diferentes atores no processo (ERSAR, entidades gestoras, autoridades de saúde e laboratórios), traduzido na realização da quase totalidade das análises impostas pela legislação e numa crescente melhoria da fiabilidade dos resultados analíticos [14]. Na Figura 2.7 é possível observar a percentagem de água segura nos diferentes concelhos, em função da média nacional no ano 2013.



**Figura 2.7:** Distribuição geográfica da percentagem de água segura por concelho em função da média nacional no ano de 2013 (Fonte: RASARP 2013)

Neste momento, Portugal já possui infraestruturas de abastecimento público de água e drenagem de águas residuais consolidadas, cobrindo quase a totalidade do território. No entanto, a componente em "alta" encontra-se, em termos gerais, mais desenvolvida e renovada do que a componente em "baixa", sendo esta última a que regista maiores necessidades de investimento. Os problemas associados ao estado das redes em "baixa" refletem-se principalmente no elevado nível de perdas de água, com reflexos na água faturada e, desse modo, na sustentabilidade económica dos sistemas [23].

### **2.3. Regulamentação e normas**

As instalações prediais de abastecimento e drenagem de água, ao longo dos anos têm vindo a sofrer constantes evoluções, quer ao nível dos dispositivos, materiais e equipamentos, quer ao nível da sua conceção e dimensionamento, com vista principalmente à minoração de custos e ao aumento dos níveis de conforto.

Como tal, surgiu a necessidade de criar entidades reguladoras, que por sua vez conceberam legislação de cumprimento obrigatório, conseguindo assim regular os projetos de dimensionamento.

São exemplos:

- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR);
- Norma Europeia EN806 - *Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumptions*
- *International Plumbing Code.*

#### **2.3.1. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (RGSPDADAR)**

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) foi publicado como parte integrante do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de agosto, no Diário da República, 1ª Série-B, nº 194, para entrar em vigor um ano após a sua publicação, ou seja, em 23 de agosto de 1996. Ainda antes

da sua entrada em vigor, a 30 de novembro de 1995, foi publicada a Declaração de Retificação nº 153/95, corrigindo algumas faltas de exatidão no texto e figuras do decreto.

Estabelece os princípios gerais a que devem obedecer a respetiva conceção, construção e exploração dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais. Publicado há cerca de 20 anos, tem constituído uma referência estável para projetistas, entidades gestoras e donos de obra permitindo a estabilização de diversas práticas no setor, aspeto que pode ser considerado como positivo. Contudo, ao longo das últimas décadas, verificaram-se desenvolvimentos importantes no âmbito dos serviços de água e saneamento e surge, então, a necessidade e o interesse da revisão do RGSPDADAR [1] face à larga experiência da sua implementação, às atuais exigências de exploração dos sistemas e às novas realidades sociais, económicas e ambientais [23].

O RGSPDADAR [1] é constituído por 311 artigos, divididos por 7 títulos e por 23 anexos, sendo os títulos e os respetivos artigos os seguintes:

Titulo I e II: Disposições gerais (Regulamento menciona o objetivo e âmbito de aplicação, expõe uma simbologia e unidades, fala da conceção dos sistemas e dos elementos de base para o seu dimensionamento)

Titulo III: Sistemas de distribuição predial de água

Titulo IV: Sistemas de drenagem pública de águas residuais

Titulo V: Sistemas de drenagem predial de águas residuais

Titulo VI: Estabelecimento e exploração de sistemas públicos

Titulo VII: Estabelecimento e exploração de sistemas prediais

O RGSPDADAR [1] é fundamentalmente um conjunto de especificações legais destinadas a garantir condições mínimas de segurança e operacionalidade dos sistemas de distribuição de água e de drenagem de águas residuais mas contém, também, muitas recomendações gerais, de carácter não obrigatório, para apoio à atividade profissional dos técnicos envolvidos. Neste contexto, pode ser difícil distinguir entre estas duas vertentes, podendo levar a interpretações erradas e tomadas de decisões que podem influenciar negativamente o funcionamento das redes projetadas [23].

Antes da publicação do RGSPDADAR [1] as entidades gestoras e os projetistas viam-se obrigados a decidir entre respeitar as disposições dos antigos regulamentos, e nalguns casos

francamente desatualizados, ou aceitar a responsabilidade de adotar critérios mais recentes, tecnicamente sustentáveis, mas em desconformidade com as disposições legais. A publicação do RGSPDADAR [1] veio, deste modo, dar resposta à escassez de critérios de dimensionamento num período de grande necessidade.

Após a publicação do RGSPDADAR [1] ficou expressamente revogada toda a legislação anterior, nomeadamente os anteriores Regulamentos Gerais das Canalizações de Água e de Esgotos, publicados nas Portarias nº 10 367, de 14 de abril de 1943, e nº 11 338, de 8 de maio de 1946, respetivamente [23].

### **2.3.2. Normas Europeias**

As Normas Europeias (EN) são preparadas pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), com a participação de peritos de dezanove países membros, pertencentes à União Europeia (UE) e à Associação Europeia do Comércio Livre (EFTA). O trabalho técnico é realizado, essencialmente, pelas Comissões Técnicas (TC), criadas pelo Bureau Technique (BT), que são encarregadas de preparar as EN.

Do vasto conjunto de EN, existente relativo a sistemas de abastecimento de água e saneamento, importam para o dimensionamento das redes as seguintes Normas:

- EN 805: 2000 - *Water supply - Requirements for systems and components outside buildings* (Abastecimento de Água - Requisitos para Sistemas e Componentes Públicos);
- EN 806: 2006 - *Specifications for installations inside buildings conveying water for human* (Especificações Técnicas relativas às Instalações de Água para Consumo Humano no Interior de Edifícios);
- EN 1508: 1999 - *Water supply - Requirements for systems and components for the storage of water* (Abastecimento de Água - Requisitos para Sistemas e Componentes de Armazenamento de Água);
- EN 752: 2008 - *Drain and sewer systems outside buildings* (Sistemas Públicos de Drenagem e Esgoto);
- EN 12056: 2000 - *Gravity drainage systems inside buildings* (Sistemas de drenagem de Águas Residuais no Interior de Edifícios).

A EN 805 foi aprovada pelo CEN a 7 de junho de 1999. As especificações definidas na norma estabelecem:

- especificações gerais para as redes de abastecimento de água no exterior dos edifícios nomeadamente condutores principais e secundários, instalações de água potável, depósitos de água, instalações de água bruta (sem tratamento);
- especificações gerais dos componentes;
- especificações gerais destinadas a ser utilizadas por outras normas, as quais podem incluir exigências mais rigorosas;
- especificações para instalação, ensaios em obra e comissionamento.

Estas especificações aplicam-se a:

- projeto e execução de novas redes de abastecimento de água;
- toda a extensão de área significativa, formando parte coerente de uma rede de abastecimento de água existente;
- modificações ou reabilitações importantes da rede de abastecimento de água existente.

A EN 606 foi criada com o intuito de uniformizar e simplificar todo o processo de cálculo nos vários países da União Europeia, tendo sido publicada pela primeira vez em Outubro de 1996, sendo, na altura, o texto base constituído por 77 páginas. Os textos apresentavam um método de cálculo simplificado e quatro métodos de cálculo utilizados em França, Alemanha, Grã-Bretanha, Itália, Espanha e Holanda [11].

A colocação de vários procedimentos de cálculo com a intenção de haver maior aceitação por parte dos estados membros fez com que esta norma perde-se o seu sentido principal de unificar o processo nos vários países da União Europeia. A primeira tentativa de implementação da norma foi recusada e de seguida procederam à composição de uma norma com apenas um procedimento simplificado. Esta última tentativa, elaborada por um grupo de especialistas da Suíça, onde o método baseado em unidades de carga (*LU Loading Units*) é amplamente praticado [11].

A nova versão da norma foi apresentada e aprovada em 2003, ficou concluída e apresentada no início de 2006. Em Portugal esta foi implementada como EN 806 em Junho de 2006. A norma começa por explicar os termos técnicos hidráulicos, símbolos e unidades para a sua

fácil compreensão e depois procede à explicação do método de dimensionamento proposto [11].

A Norma Europeia EN 806 "*Specifications for installations inside buildings conveying water for human*", é constituída por 5 partes, designadamente:

- Parte 1: Generalidades
- Parte 2: Conceção
- Parte 3: Dimensionamento
- Parte 4: Instalação
- Parte 5: Exploração e manutenção

O método proposto pode ser aplicado em redes de água fria e quente, não sendo apropriado a dimensionamentos de circuitos de retorno.

As principais características hidráulicas impostas pela Norma, referente ao dimensionamento de instalações interiores de abastecimento de água para consumo humano são [11]:

- pressão estática máxima no ponto de consumo de 500kPa (5 bar);
- pressão dinâmica mínima no ponto de consumo: 100kPa (1 bar);
- velocidades máximas de escoamento em prumadas e ramais principais de 2m/s e em subramais de 4m/s;
- em nenhum ponto de consumo o escoamento contínuo deve ter duração superior a 15min.

A EN 1508 foi aprovada pelo CEN a 24 de julho de 1998. Esta norma especifica e dá orientações sobre:

- os requisitos gerais para o armazenamento de água no exterior dos edifícios, incluindo depósitos de água potável e depósitos que contenham água não apta para o consumo humano como barragens ou no interior de instalações de tratamento;
- os requisitos gerais para os desenhos das instalações das redes;
- os requisitos de exploração;
- os requisitos para reabilitação e reparação;
- os requisitos para a realização de ensaios, operações de controlo e comissionamento.

Estes requisitos são aplicáveis a:

- construções de novos depósitos;
- ampliação e modificação de depósitos existentes;
- reabilitação significativa de depósitos existentes.

A EN 752 foi aprovada pelo CEN a 23 de agosto de 1997. Esta norma estabelece os objetivos aplicáveis a sistemas de escoamento e redes de esgotos no exterior dos edifícios. Especifica os requisitos aplicáveis à execução destes objetivos, assim como, os princípios aplicáveis às atividades estratégicas e diretivas relativas à planificação, ao desenho das redes, às instalações, ao funcionamento, à manutenção e reabilitação.

É aplicada aos sistemas de escoamento e redes de esgotos que funcionam, essencialmente, por gravidade desde o ponto em que as águas residuais deixam o edifício, até ao ponto em que são descarregadas numa estação de tratamento de águas residuais.

A Norma Europeia EN 12056, sistemas prediais de drenagem com escoamento gravítico, é constituída pelas seguintes 5 partes:

- Parte 1: Requisitos gerais e desempenho
- Parte 2: Traçado e dimensionamento das redes de águas residuais domésticas
- Parte 3: Traçado e dimensionamento das redes de águas pluviais
- Parte 4: Traçado e dimensionamento de estações elevatórias de águas residuais
- Parte 5: Instalação e testes de sistemas de drenagem, instruções de operação, manutenção e uso.

A EN 12056-2 refere quatro tipos de sistemas, em que podem assumir várias configurações em relação à ventilação do tubo de queda e dos ramais:

- Sistema I: Sistema com um único tubo de queda com escoamento a meia secção nos ramais de descarga;
- Sistema II: Sistema com um único tubo de queda com altura da lâmina líquida até 70% do diâmetro nos ramais de descarga;
- Sistema III: Sistema com um único tubo de queda, com escoamento a secção cheia nos ramais de descarga e ligação individual de cada ramal ao tubo de queda;
- Sistema IV: Sistema separativo dos tipos I, II e III em que as águas negras, provenientes das bacias de retrete e urinóis, são separadas das águas cinzentas.

Tendo em conta estes sistemas e as possíveis configurações é possível obter 24 soluções para as redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas, enquanto o RGSPDADAR [1] apenas admite 8 destas soluções. Deve-se, em qualquer solução, controlar a pressão de modo a evitar a redução do fecho hídrico.

Em relação à ventilação dos tubos de queda, a norma europeia admite duas possíveis configurações:

- Sistema com ventilação primária: o controlo das pressões é assegurado pelo prolongamento do tubo de queda até à atmosfera ou pela utilização de válvulas de admissão de ar na extremidade superior.
- Sistema com ventilação secundária: o controlo das pressões é assegurado por colunas de ventilação, com ou sem ramais de ventilação, e em alternativa por válvulas de admissão de ar.

Durante a realização destas normas foi tomada em consideração a diversidade de condições sociais e climáticas na Europa. De acordo com os Regulamentos Internos do CEN, os organismos de normalização dos seguintes países estão obrigados a adotar estas normas europeias: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça [23].

### **2.3.3. *International Plumbing Code***

Nos Estados Unidos da América, as autoridades competentes reconheceram a necessidade de códigos únicos, modernos e atualizados, de construção baseados em requisitos que enfatizassem o desempenho. Para responder a tal situação, foi criado em 1994 a *International Code Council (ICC)*, sendo esta uma organização sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento de um conjunto de códigos de construção coordenados e de fácil compreensão.

Os fundadores da ICC são: *Building Officials and Code Administrators International, Inc. (BOCA)*, *International Conference of Building Officials (ICBO)* e *Southern Building Code Congress International, Inc. (SBCCI)*.

O ICC desenvolveu as seguintes normas:



- *International Building Code*
- *International Energy Conservation Code*
- *International Existing Building Code*
- *International Fire Code*
- *International Fuel Gas Code*
- *International Mechanical Code*
- *ICC Performance Code*
- *International Plumbing Code*
- *International Private Sewage Disposal Code*
- *International Property Maintenance Code*
- *International Residential Code*
- *International Wildland Urban Interface Code*
- *International Zoning Code*

No âmbito desta dissertação, o *International Plumbing Code* (IPC) [24], ou, em português, Código Internacional de Instalações Hidráulicas e Sanitárias, é o que requer especial atenção. Este código integral estabelece regras para sistemas de instalação hidráulicas e sanitárias utilizando disposições normativas que enfatizam o desempenho. O código está fundado em princípios de base ampla que tornam possível a utilização de materiais e conceções novas, salvaguardando a saúde, a segurança e o bem-estar da população em todas as comunidades, grandes e pequenas.

Estas concessões devem ser levadas a cabo de forma a que não incrementem o custo da construção desnecessariamente, não restrinjam o uso de novos materiais, produtos e métodos de construção e que não deem tratamento preferencial a tipos particulares de classe de material, produtos ou métodos de construção.

O IPC está dividido em 13 partes diferentes:

Capítulo 1 e 2 - Administração e definições

Capítulo 3 - Regulamentações gerais

Capítulo 4 - Instalações, torneiras e acessórios de fixação

Capítulo 5 - Aquecedores de água

Capítulo 6 - Abastecimento e distribuição de água

Capítulo 7 - Drenagem de água sanitárias

Capítulo 8 - Resíduos especiais

Capítulo 9 - Respiradouros

Capítulo 10 - Recetores e separadores

Capítulo 11 - Drenagem pluvial

Capítulo 12 - Canalização especial

Capítulo 13 - Sistemas de reciclagem de águas contaminadas

Capítulo 14 - Normas referenciadas

Anexos (A - G)

O Código Internacional de Instalações Hidráulicas e Sanitárias prevê muitos benefícios, entre eles encontra-se o processo de desenvolvimento de um código modelo que oferece um fórum internacional para profissionais da área de instalações hidráulicas e sanitárias, onde se discutem os requisitos prescritos e a funcionalidade do código.

O fórum fornece uma plataforma excelente para o debate de novas propostas de revisão além de encorajar a consistência internacional.

(Página em branco)

# **CAPÍTULO III**

## **REDES PREDIAIS**

(Página em branco)

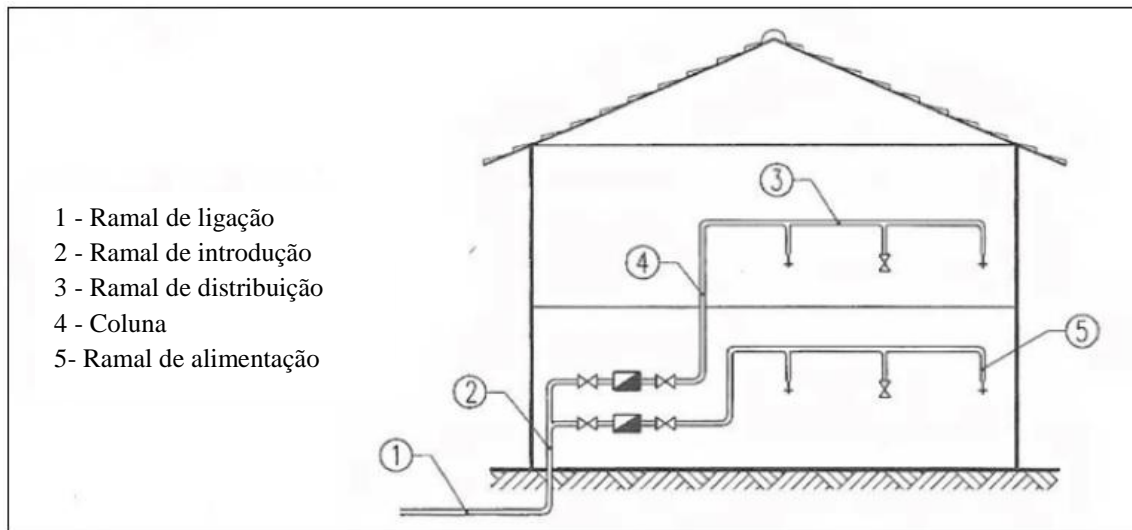
### **3.1. Sistemas prediais de distribuição de água**

Os sistemas prediais de distribuição de água fria são criados com o objetivo de garantir o abastecimento de água em perfeitas condições de segurança, assegurando tanto a saúde pública dos consumidores, como também o seu conforto. Na maioria dos casos atuais, os edifícios são alimentados através de uma rede pública que transporta água potável. Existem, no entanto, situações em que o abastecimento predial se faz com recurso a poços. Nestes casos é necessário proceder de forma a garantir a potabilidade da água [25].

Como parte introdutória da presente dissertação e com o objetivo de se fazer entender e enquadrar os sistemas prediais de distribuição de água, irá ser abordada a conceção destes sistemas. Conceção esta que aglomera a constituição, a classificação, e a instalação da rede de abastecimento de água, assente na legislação que a regula, com o objetivo de satisfazer requisitos de utilização da forma mais económica e simples possível.

#### **3.1.1. Constituição das redes prediais de distribuição de água**

A rede de abastecimento é essencialmente constituída por 5 componentes: ramal de ligação; ramal de introdução; ramal de distribuição; coluna e ramal de alimentação. Na Figura 3.1 é possível observar os 5 elementos num edifício, devidamente ordenados:



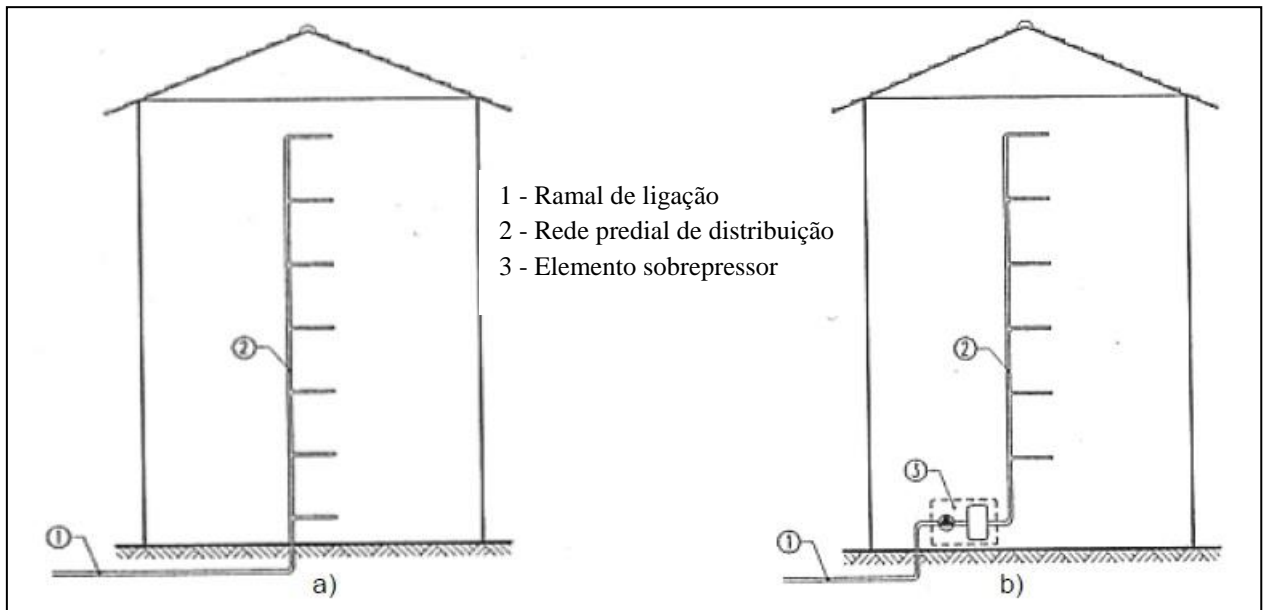
**Figura 3.1:** Elementos constituintes de uma rede de distribuição de água (Fonte: [26])

O ramal de ligação (1) que se encontra na parte exterior do edifício faz a ligação da rede pública de abastecimento de água até ao limite do edifício onde se encontra o ramal de introdução (2) que, por sua vez, tem a função de fazer a distribuição da água para os contadores ou contador, que será então recebida pelo ramal de distribuição (3) que terá como função final abastecer cada ramal de alimentação (5) destinado a prover de água os respetivos dispositivos de utilização do edifício. O recurso a colunas (4) surge da necessidade de mudança de cotas e está situada entre os ramais de introdução (2) e os ramais de distribuição (3).

### 3.1.2. Classificação dos sistemas de alimentação

Em função das condições de pressão e caudal disponibilizadas pela rede pública de distribuição de água, tendo presente que todo o edifício deverá satisfazer os requisitos de utilização e conforto dos utilizadores, a alimentação de água a um edifício deverá ser feita de uma das seguintes 3 formas: direta; indireta ou mista.

Na alimentação direta, a rede pública de abastecimento de água abastece pessoalmente a rede predial. Esta alimentação pode ainda, caso as condições de pressão não sejam satisfatórias, ser munida de um elemento sobrepessor (Figura 3.2). Apesar da possibilidade de se recorrer a um acessório de aumento de pressão, este tipo de alimentação só poderá ser adotado quando se verificar que a rede pública consegue fornecer um abundante volume de caudal.

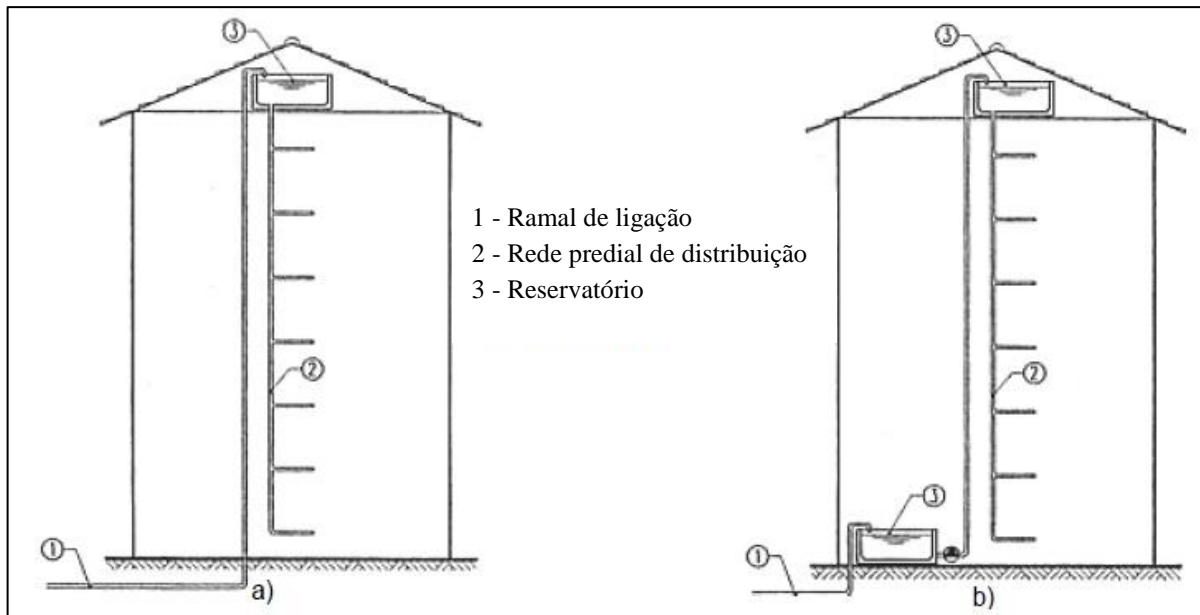


**Figura 3.2:** Alimentação direta (a) e alimentação direta com elemento sobressor (b) (Fonte: [26])

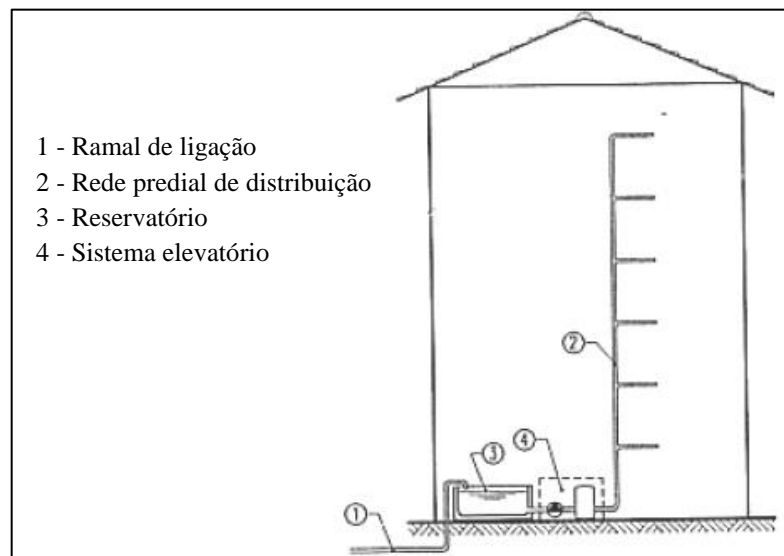
A alimentação indireta faz-se quando a alimentação direta é inviável, ou seja, quando a rede pública de abastecimento de água não reúne condições satisfatórias ao abastecimento de um edifício, mais propriamente condições de pressão e caudal.

Neste sistema de alimentação, a rede pública de abastecimento de água fornece e abastece um reservatório que a acumula, podendo este reservatório estar situado na parte mais alta do edifício que faz a distribuição de água por ação gravítica (Figura 3.3a), pode encontrar-se na base do edifício cuja distribuição é realizada através do recurso a um sistema elevatório (Figura 3.4) ou então poderá possuir 2 reservatórios, um na base e outro na parte mais elevada do edifício, sendo que o da base alimenta o do topo a partir de uma bomba e este alimenta o edifício por ação gravítica (Figura 3.3b).



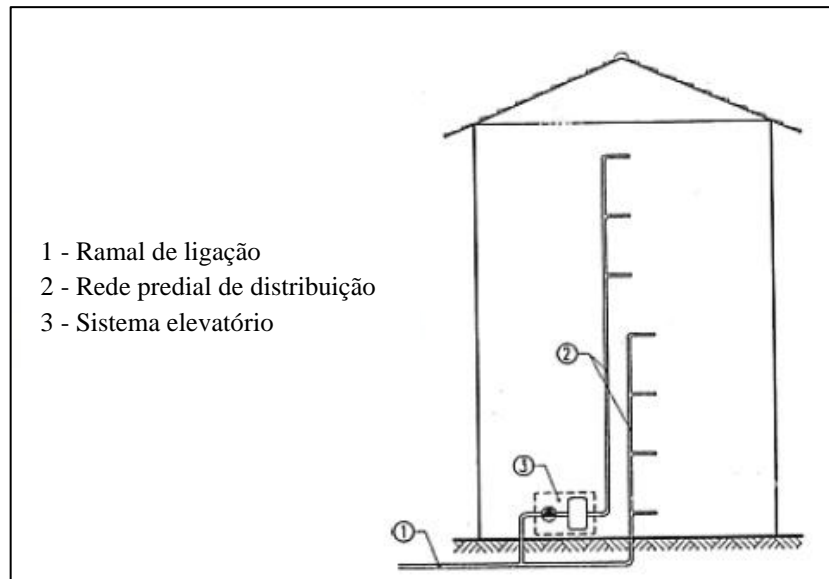


**Figura 3.3:** Alimentação indireta com reservatório no topo do edifício (a) e alimentação indireta com reservatório na base e no topo do edifício (b) (Fonte: [26])



**Figura 3.4:** Alimentação indireta com elemento elevatório (Fonte: [26])

Recorre-se a sistemas mistos de alimentação (Figura 3.5), isto é, direto e indireto, quando na rede de abastecimento pública se verifica pressão suficiente para abastecer um determinado número de ramais de distribuição a uma determinada cota, mas que não permite o correto abastecimento de água a partir dessa cota, o que obriga ao recurso de um tipo de alimentação indireta descrito anteriormente.



**Figura 3.5:** Sistema misto de alimentação (Fonte: [26])

### 3.1.3. Traçado e instalação dos sistemas de abastecimento de água

Na realização do traçado das redes prediais de abastecimento de água são várias as regras a serem seguidas para que estes sistemas possam desempenhar corretamente a sua função sem prejudicar a sua envolvente. É, no entanto, importante realçar que na presente dissertação apenas se teve em conta as regras de traçado impostas pelo RGSPDADAR [1].

Os aspetos a serem tomados na definição do traçado são:

- As condutas podem ser embutidas em pavimentos devidamente embainhadas ou em paredes, em "coretes", caleiras e galerias cuja acessibilidade seja plausível ou então à vista suportadas por braçadeiras que evitem a transmissão de vibrações;
- As condutas que fiquem à vista terão de estar devidamente identificadas com o tipo de água que transportam;
- As condutas não podem ser embutidas em elementos estruturais, em pavimentos não térreos, sob ou ligados a fundações e revestidas com materiais cujo recobrimento seja inferior a 2 cm;
- O traçado deverá ser composto por troços retilíneos, ligados entre si por acessórios apropriados;

- De modo a facilitar a saída do ar dos tubos, os troços horizontais deverão possuir uma inclinação ascendente de 0,5% no sentido do escoamento do fluído;
- Visando situações mais económicas e com menores perdas de carga, o traçado terá de ser, sempre que possível, conduzido pelo menor caminho possível;
- Deverão ser instaladas purgas de ar sempre que se considere necessário facilitar a saída do ar das condutas;
- Sempre que possível, as partes da rede que são destinadas a vários utilizadores deverão ficar localizadas em zonas comuns;
- Os ramais de ligação deverão ser instalados a uma profundidade de pelo menos 0,8 m;
- As condutas de água quente deverão desenvolver-se paralelamente às condutas de água fria com um afastamento mínimo de 5 cm;
- As condutas de água quente terão que ser envolvidos em isolantes térmicos que não sejam corrosivos e sejam resistentes à humidade.

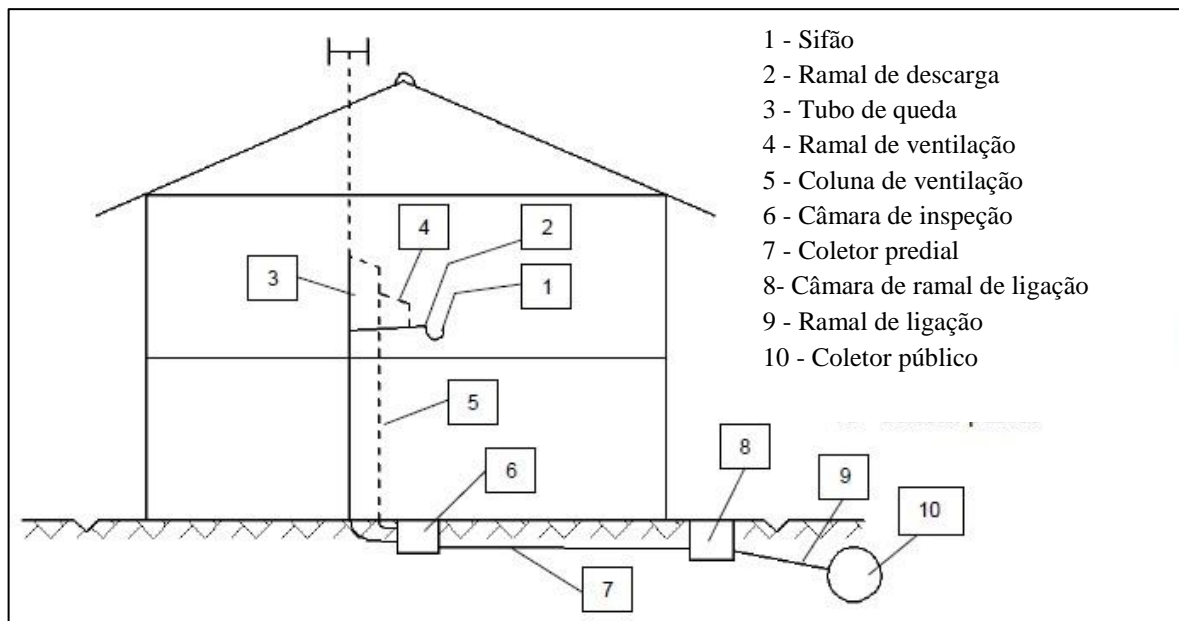
## **3.2. Sistemas prediais de drenagem de águas residuais**

A rede predial de drenagem de águas residuais domésticas serve para agrupar e encaminhar as águas residuais desde a sua origem até aos sistemas de coletores públicos, os quais reúnem as águas residuais dos vários edifícios que servem, transportando-as então, até ao destino final, em geral, constituído por uma estação de tratamento de águas residuais [6].

Tal com referido anteriormente nos sistemas prediais de abastecimento de água, também se manifesta de carácter relevante o levantamento de um enquadramento geral relativo aos sistemas prediais de drenagem de águas residuais. Como tal, irá ser abordada a conceção destes sistemas que também aglomera a constituição, classificação e instalação destes, devidamente regulamentados por legislação.

### **3.2.1. Constituição das redes prediais de drenagem de águas residuais**

A rede predial de drenagem é constituída essencialmente por 7 elementos: ramal de ligação; câmara de ramal de ligação; coletor predial; câmara de inspeção; coluna de ventilação secundária; tubo de queda; ramal de ventilação; ramal de descarga (Figura 3.6)



**Figura 3.6:** Elementos constituintes de um sistema predial de drenagem de águas residuais domésticas (Fonte: [26])

O processo de drenagem tem início nos aparelhos sanitários que descarregam no ramal de descarga (2) que por sua vez tem a função de transportar os resíduos para o tubo de queda (3), no caso dos dispositivos se encontrarem a uma altura relevante, ou coletor predial (7) caso o tubo de queda não se justifique.

Paralelamente, é possível observar um ramal de ventilação (4) que faz a união entre o ramal de descarga (2) e a coluna de ventilação (5) com a função de assegurar o fecho hídrico nos sifões quando o mesmo não é garantido através da ventilação primária feita pelo tubo de queda (3). Relativamente ao tubo de queda (3), este tem como função reunir as descargas de todos os aparelhos sanitários que se encontrem a uma cota considerável e depois fazer o seu transporte até um coletor predial (7) ou uma câmara de inspeção (6) cuja função será naturalmente de inspeção e manutenção caso exista alguma anomalia.

A câmara de inspeção (6) pode ou não existir num edifício, cabendo essa decisão ao projetista. Caso exista, esta deverá ser munida de uma coluna de ventilação (5) para que seja realizada a devida ventilação, caso não exista, o tubo de queda (3) faz a sua descarga diretamente no coletor predial (7). Ainda no que respeita ao tubo de queda (3), este deverá ser prolongado até ao ponto mais alto do edifício com abertura para a atmosfera, garantindo assim a ventilação primária da rede. De seguida os resíduos seguem desde a câmara de inspeção (6) ou coletor

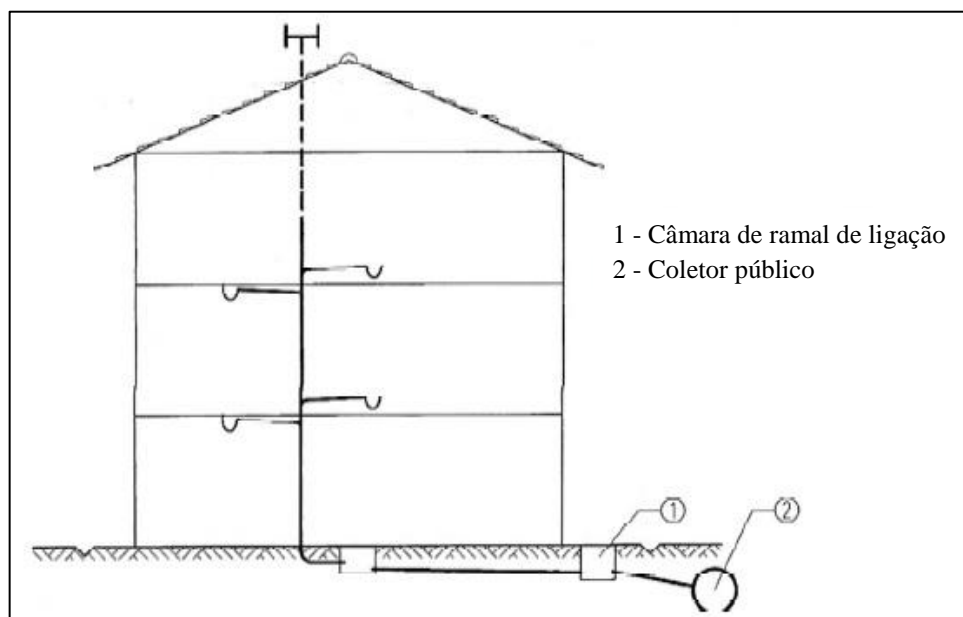
predial (7) para uma câmara de ramal de ligação (8) que é uma câmara com capacidade de inspeção onde se reúnem as águas residuais provenientes do coletor predial (7) e que faz a ligação até a um ramal de ligação (9) que por sua vez tem a missão de afluir os resíduos provenientes do edifício para um coletor público (10).

### 3.2.2. Classificação dos sistemas de drenagem

São três os sistemas que poderão ser adotados para o processo de drenagem de águas residuais domésticas, cuja seleção se prende com as cotas a que se encontram os elementos de recolha das águas residuais em relação ao coletor público de drenagem. Os três tipos de drenagem são:

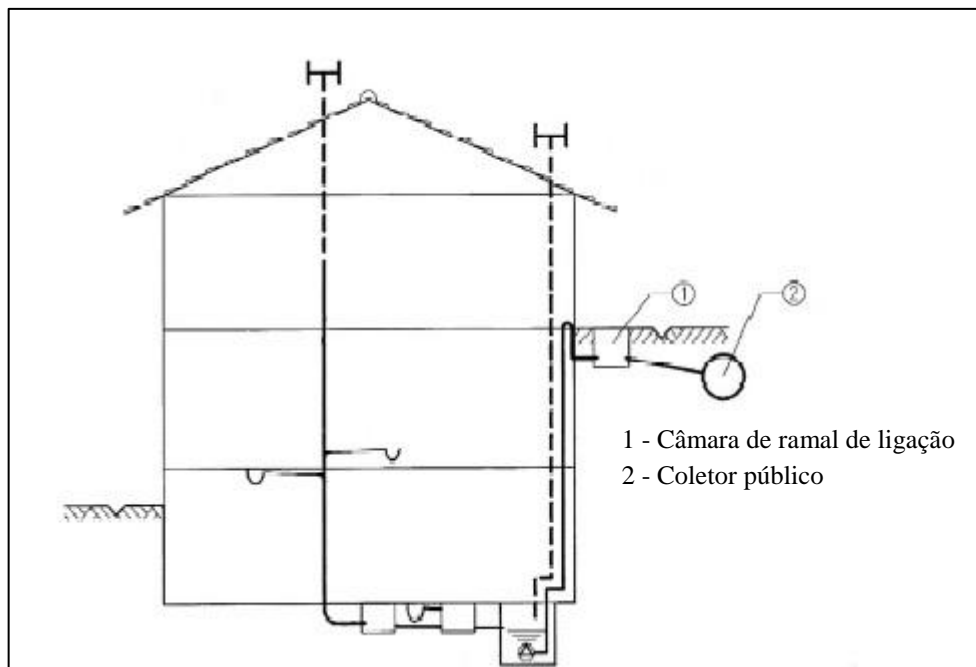
- Drenagem gravítica;
- Drenagem com elevação;
- Sistema misto.

Quando se está na presença de um edifício cuja recolha de águas residuais domésticas se processa apenas por ação gravítica, diz-se que este edifício apresenta uma drenagem gravítica (Figura 3.7). Para tal, é necessário que toda a recolha de águas residuais presentes no edifício se faça a uma cota superior à cota do coletor público de drenagem de águas residuais.



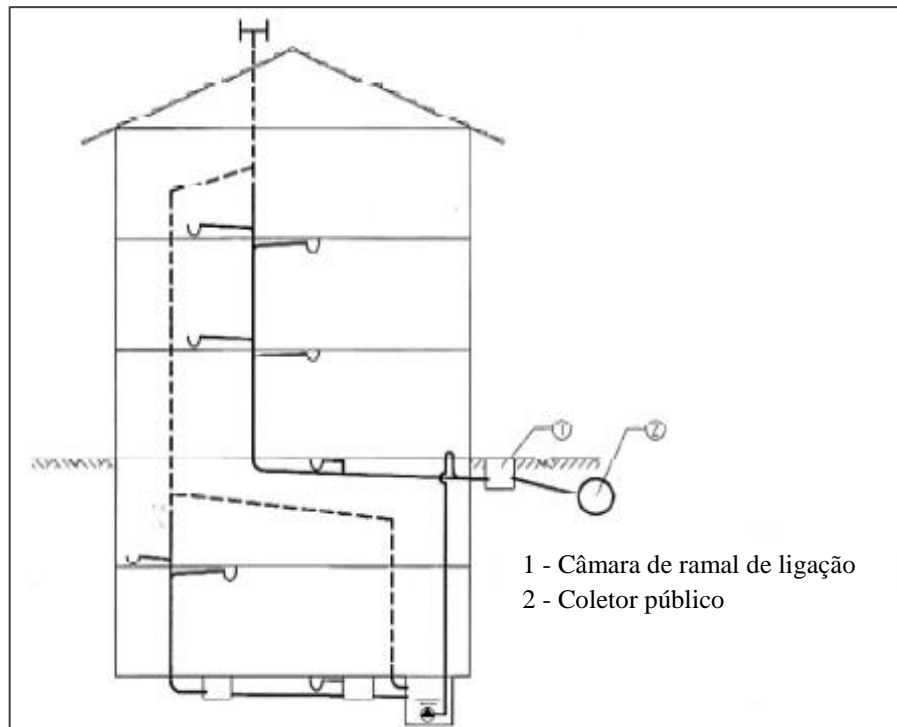
**Figura 3.7:** Drenagem gravítica (Fonte: [26])

O sistema de drenagem elevatório (Figura 3.8) é contrário ao sistema gravítico, isto é, a recolha das águas residuais são feitas abaixo do nível onde se encontra o coletor público e como tal é necessário o recurso a meios mecânicos para processar a ascensão das águas até a uma cota superior à do coletor público para que posteriormente estas, por ação gravítica, prossigam para o coletor público de drenagem. O facto de ser necessário fazer a elevação das águas a uma altura superior à do coletor público prende-se com o facto de se procurar evitar situações de alagamento dos pisos do edifício localizados a um nível inferior ao do arruamento.



**Figura 3.8:** Drenagem com elevação (Fonte: [26])

Por fim, os sistemas mistos são produto de uma conjunção entre os dois sistemas anteriormente referidos (Figura 3.9).



**Figura 3.9:** Sistema misto de drenagem (Fonte: [26])

### 3.2.3. Traçado e instalação dos sistemas de drenagem de águas residuais

Para se proceder ao correto traçado das redes prediais de drenagem de águas residuais, é necessário ter em conta determinados critérios que visam um apropriado escoamento das águas residuais. Para tal foram definidas regras gerais e específicas de instalação para cada elemento constituinte da rede de drenagem, tendo em linha de conta as regras de traçado impostas pelo RGSPDADAR [1].

As regras gerais para a rede de drenagem de águas residuais são [6]:

- Nas águas residuais industriais, após o tratamento das águas e eliminação dos componentes interditos nos coletores públicos, as águas podem ser encaminhadas para os coletores pluviais ou domésticos consoante a sua afinidade;
- Sempre que, na remodelação ou ampliação de uma rede existente, haja aumento do caudal escoado, deve ser comprovada a capacidade de drenagem e ventilação do sistema;
- Quando não exista sistema de drenagem público, todas as restantes imposições regulamentares até à câmara de ramal de ligação devem ser cumpridas;

- A rede de ventilação das águas residuais deve ser independente de qualquer outra rede de ventilação do edifício (AVAC, chaminés, outros);
- A rede de drenagem não pode apresentar reduções de diâmetro no sentido de escoamento.

De seguida são apresentadas as especificações individuais de cada elemento constituinte da rede.

### **3.2.3.1. Ramais de descarga**

As regras a serem consideradas na instalação e traçado dos ramais de descarga são as seguintes [26]:

- O traçado destas condutas deverá ser constituído por troços retilíneos ligados preferencialmente entre si por caixas de reunião ou através de curvas de concordância;
- A ligação simultânea de vários aparelhos a um mesmo ramal de descarga (ramal de descarga não individual) deve efetivar-se através de caixas de reunião ou curvas de concordância;
- Em caso algum os troços verticais de ramais de descarga deverão exceder 2 m;
- Os ramais de descarga individuais de outros aparelhos só podem ser ligados a ramais de descarga de bacias de retrete, na situação em que estejam dotados de ventilação secundária;
- Os ramais de descarga de urinóis só podem ser ligados a ramais de descarga de águas saponáceas se a descarga for efetuada através de caixas de reunião, ou nas situações em que os ramais dos outros aparelhos estejam dotados de ventilação secundária;
- A ligação dos ramais de descarga aos tubos de queda deve ser realizada através de forquilhas, a ligação aos coletores prediais deve ser realizada através de forquilhas ou de câmaras de inspeção;
- Os ramais de descarga de bacias de retrete deverão preferencialmente ser ligados ao tubo de queda em planos horizontais distintos dos ramais de descarga de águas saponáceas; quando tal não se verificar, deverão ser utilizadas forquilhas de ângulo de inserção não superior a 45°;
- Os ramais de descarga deverão ser instalados a profundidades razoáveis, como meio de atenuar a transmissão de ruídos para o interior das zonas habitadas;



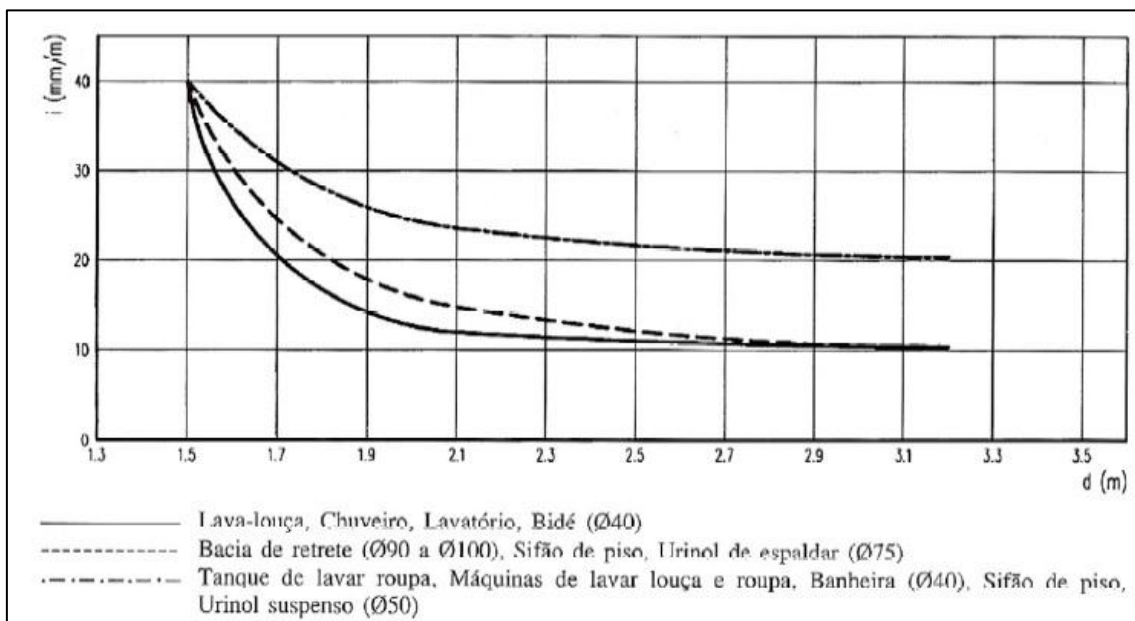
- Os ramais de descarga podem ser instalados à vista, embutidos, em caldeiras, enterrados, em galerias ou em tetos falsos;
- Em caso algum os ramais de descarga se desenvolverão sob elementos de fundação, em zonas de acesso difícil, ou embutidos em elementos estruturais;
- Na opção dos percursos a seguir pelos elementos dos ramais de descarga, sempre que possível e que tal não ponha em causa o seu correto desempenho, deverá optar-se por condutas de menor extensão, conduzindo a custos mais baixos, bem como a menores tempos de retenção da água no seu interior.

### 3.2.3.2. Ramais de ventilação

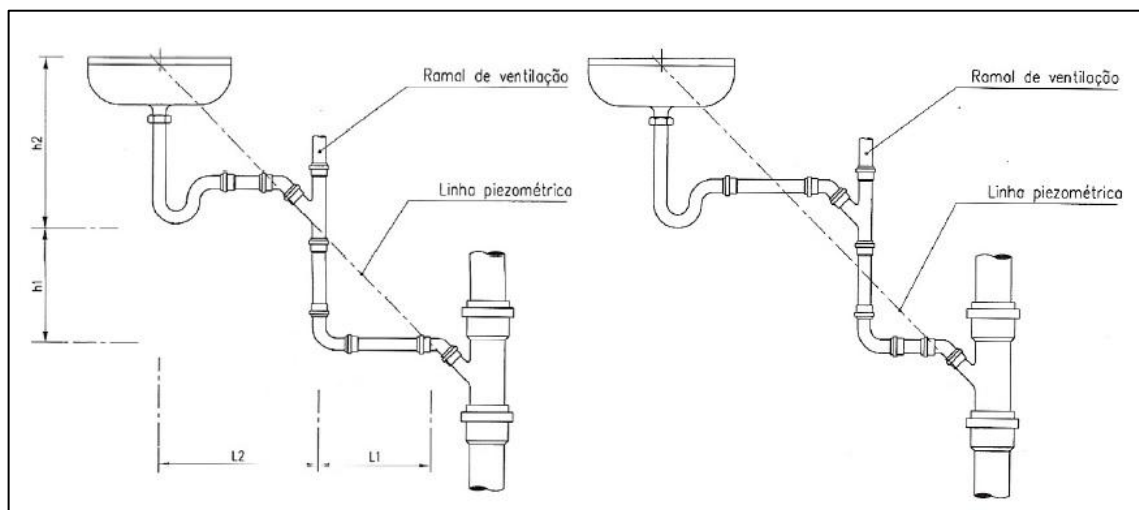
As limitações impostas na instalação e traçado dos ramais de ventilação são as seguintes [26]:

- Os ramais de ventilação deverão ser constituídos por troços retilíneos, ligados entre si por curvas de concordância;
- Os troços verticais deverão prolongar-se de modo a atingirem uma altura não inferior a 0,15 m acima do nível superior do aparelho sanitário que ventilam;
- Os troços horizontais, para ligação à coluna de ventilação, deverão possuir inclinação ascendente, de modo a possibilitarem a condução dos condensados aí formados para o ramal que ventilam, de valor não inferior a 20 mm/m;
- A inserção do ramal de ventilação normal de descarga deve fazer-se a uma distância não inferior a duas vezes o diâmetro do ramal, nem superior aos valores referenciados através do ábaco representado na Figura 3.10, medidos em relação ao sifão instalado;
- Os ramais de ventilação não deverão ser cortados pelas linhas piezométricas, de forma a evitar a sua obstrução, como se pode observar na Figura 3.11. Neste sentido, deverá ter-se em consideração a relação  $h_2/L_1 \geq h_1/L_2$ ;
- Nos aparelhos em bateria, excetuando as bacias de retrete e similares, no caso da não-existência de ventilação secundária individual, os ramais de ventilação coletivos devem ser ligados aos ramais de descarga no máximo de 3 em 3 aparelhos;
- Os ramais de ventilação podem ser instalados à vista, embutidos, em caldeiras, enterrados, em galerias ou em tetos falsos;
- Na opção dos percursos a seguir pelos ramais de ventilação, sempre que possível e que tal não ponha em causa o seu correto desempenho, deverá optar-se por condutas de menor extensão, conduzindo a custos mais baixos;

- Em caso algum os ramais de ventilação deverão desenvolver-se sob elementos de fundação, em zonas de acesso difícil ou embutidos em elementos estruturais.



**Figura 3.10:** Distância máxima admissível entre o sifão e a secção ventilada (Fonte: [26])



**Figura 3.11:** Desenvolvimento da linha piezométrica de modo a evitar a obstrução do ramal de ventilação (Fonte: [26])

### 3.2.3.3. Tubos de queda

No que toca à instalação e traçado dos tubos de queda, as condicionantes são as seguintes [26]:

- O traçado dos tubos de queda deve ser vertical, constituído preferencialmente por um único alinhamento reto;
- Sempre que imposições físicas obriguem a que o tubo de queda não se desenvolva através de um único alinhamento reto, as mudanças de direção deverão ser obtidas através de curvas de concordância e o valor de translação não poderá ser superior a 10 vezes o diâmetro desta tubagem;
- A inserção de tubos de queda nos coletores prediais deverá ser feita através de forquilha ou câmaras de inspeção e o afastamento entre o tubo de queda e o coletor ou câmara de inspeção não deverá exceder 10 vezes o seu diâmetro, no caso de tal se verificar, deverá adotar-se o sistema de ventilação secundária;
- Os tubos de queda deverão ser dotados de bocas de limpeza de diâmetro não inferior ao seu, posicionadas de modo a garantir a sua acessibilidade em todas as mudanças de direção, próximo das curvas de concordância, próximo da mais elevada inserção dos ramais de descarga e no mínimo de 3 em 3 pisos próximos das inserções dos ramais;
- Os tubos de queda deverão ser preferencialmente instalados em galerias de forma a facilitar a sua acessibilidade; no entanto admite-se a sua instalação através de embutimento em paredes;
- Em caso algum os tubos de queda deverão desenvolver-se em zonas de acesso difícil, ou embutidos em elementos estruturais;
- No atravessamento de elementos estruturais deverá ficar garantida a não ligação rígida dos tubos de queda a estes elementos, através da interposição entre ambos de material que assegure tal independência;
- Para obviar aos inconvenientes das compressões na base dos tubos de queda, deverá evitar-se ligar-lhes os aparelhos do piso inferior.

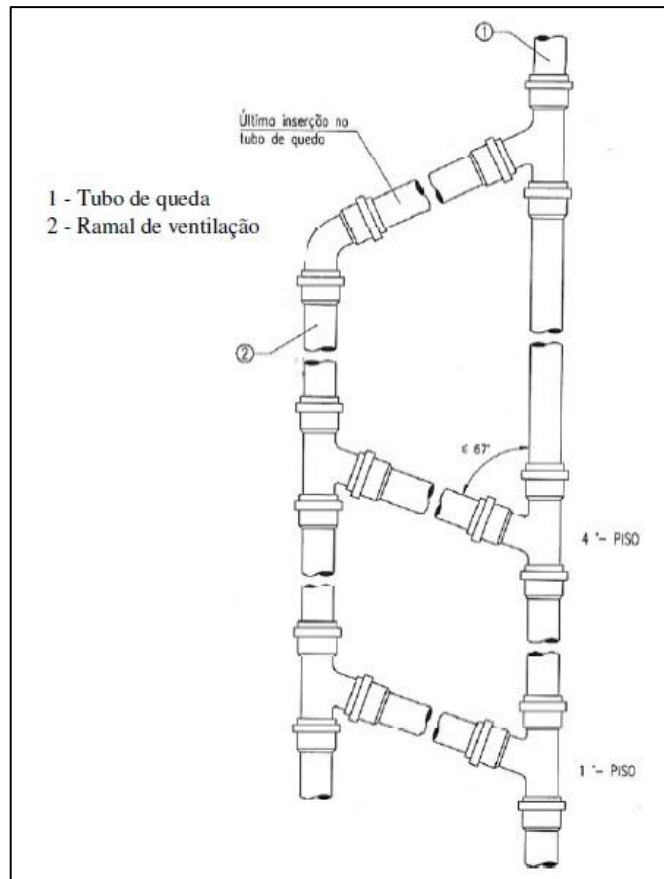
#### **3.2.3.4. Colunas de ventilação**

O traçado e instalação das colunas de ventilação deverão ser regidos pelas seguintes regras [26]:

- O traçado das colunas de ventilação deverá ser vertical, sempre que se verifique a necessidade de translações relativas ao alinhamento vertical, estas deverão ser obtidas

por troços de tubagem retilíneos, ligados através de curvas de concordância, dispostos com inclinação ascendente;

- As colunas de ventilação deverão ter a sua origem nos coletores prediais ou câmaras de inspeção, no caso da origem se verificar num coletor predial, a sua inserção neste deverá verificar-se a uma distância do tubo de queda inferior a 10 vezes o diâmetro deste;
- Na situação em que termine no tubo de queda, a inserção da coluna de ventilação neste deverá verificar-se a uma distância não inferior a um metro acima da última inserção de ramal de descarga;
- Nas situações de edificações não-dotadas de tubos de queda, as colunas de ventilação deverão ter origem nas extremidades a montante dos coletores prediais ou nas câmaras de inspeção
- As colunas de ventilação deverão ser ligadas ao respetivo tubo de queda no mínimo de 3 em 3 pisos, através de troços de tubagem retos ascendentes, ligados por curvas de concordância, como se pode observar na Figura 3.12;
- As colunas de ventilação deverão ser preferencialmente instaladas em galerias, de forma a facilitar o seu acesso; no entanto, admite-se a sua instalação através de embutimento em paredes;
- Em caso algum as colunas de ventilação deverão desenvolver-se em zonas de acesso difícil, ou ser embutidas em elementos estruturais;
- No atravessamento de elementos estruturais, deverá ficar garantida a não ligação rígida das colunas de ventilação estes elementos, através da interposição entre ambos de material que assegure tal independência.



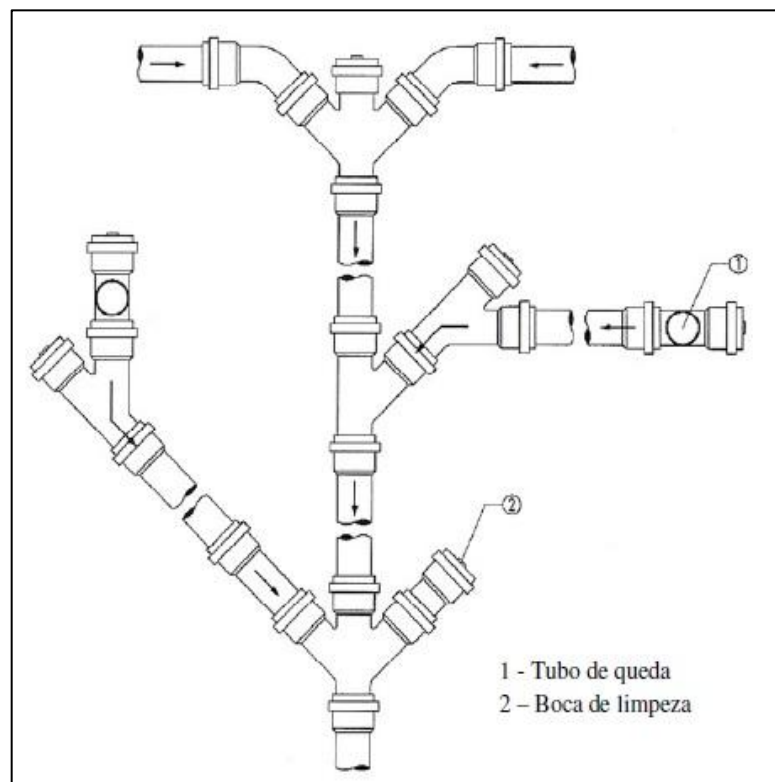
**Figura 3.12:** Ligação da coluna de ventilação ao tubo de queda (Fonte: [26])

### 3.2.3.5. Coletores prediais

No que toca aos coletores prediais as considerações são as seguintes [26]:

- O traçado dos coletores prediais deverá ser constituído por troços retilíneos, quer em planta, quer em perfil;
- Quando enterrados, os coletores prediais deverão ser dotados de câmaras de inspeção no seu início nas mudanças de direção, nas mudanças de inclinação, nas alterações de diâmetro e nas confluências, de forma a possibilitar eventuais operações de manutenção e limpeza;
- Quando instalados à vista e garantido o seu acesso, as câmaras de inspeção poderão dar lugar a curvas de transição, forquilhas, reduções e bocas de limpeza posicionadas de tal modo que possibilitem eventuais operações de manutenção e limpeza, al como se pode observar na Figura 3.13;
- O afastamento máximo entre câmaras de inspeção ou bocas de limpeza consecutivas deverá ser de 15 m;

- Os coletores prediais poderão ser instalados à vista, enterrados, em caleiras, em galerias ou tetos falsos;
- Na opção dos percursos a seguir pelos coletores prediais, sempre que possível e que tal não ponha em causa o seu correto desempenho funcional, deverá optar-se por condutas de menor extensão, conduzindo a menores custos, bem como a menores tempos de retenção das águas no seu interior;
- No atravessamento de elementos estruturais deverá ficar garantida a não solidarização dos coletores prediais com esses elementos, através da interposição entre ambos de material que assegure tal independência;
- Em caso algum os coletores prediais se deverão desenvolver sob elementos de fundação, em zonas inacessíveis, ou ser embutidos em elementos estruturais.

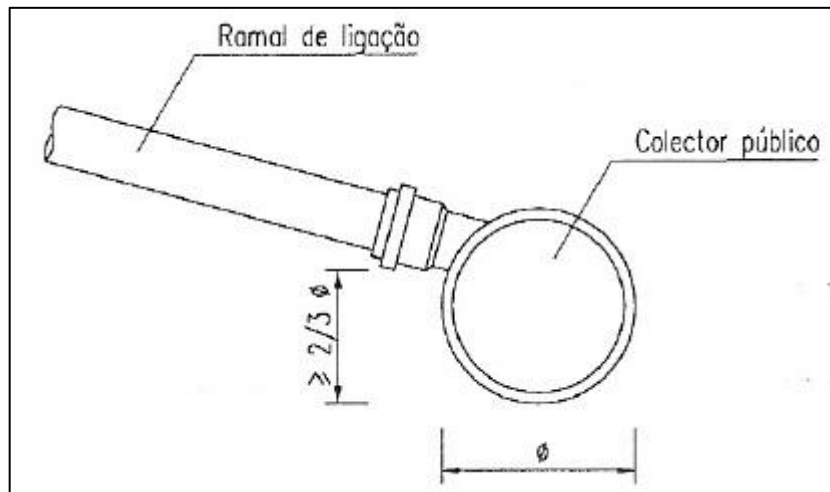


**Figura 3.13:** Coletores prediais instalados à vista (Fonte: [26])

### 3.2.3.6. Ramais de ligação

As regras a serem consideradas na instalação e traçado dos ramais de ligação são as seguintes [26]:

- O traçado dos ramais de ligação deverá ser constituído por troços retilíneos, quer em planta quer em perfil;
- Os ramais de ligação podem ser ligados à rede pública por inserção, quer em câmaras de visita, quer direta ou indiretamente nos coletores públicos;
- A inserção direta nos coletores públicos só é de admitir nos casos em que estes possuam diâmetro superior a 500 mm; nestas situações, a inserção deverá processar-se num plano superior a dois terços do seu diâmetro, relativamente à sua geratriz inferior, como se pode observar na Figura 3.14;
- A inserção dos ramais de ligação nos coletores públicos poderá ser feita através de forquilhas desde que o ângulo de incidência seja menor ou igual a  $67^\circ$ , no sentido do escoamento.



**Figura 3.14:** Inserção do ramal de ligação no coletor público (Fonte: [26])

# **CAPÍTULO IV**

## **REGULAMENTOS**



(Página em branco)

## **4.1. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais**

### **4.1.1. Sistemas de distribuição predial de água**

#### **4.1.1.1. Dimensionamento dos sistemas de distribuição predial de água**

Como foi dito anteriormente, é no título III do RGSPDADAR [1] que se situa a informação relativa aos sistemas de distribuição predial de água. Neste Capítulo será apenas tratada a matéria relativa à metodologia de dimensionamento destes sistemas.

Inicialmente, antes do processo de dimensionamento é necessário fazer uma apreciação e validação de todos os parâmetros fornecidos para a implementação dos sistemas de abastecimento de água dependendo do tipo de obra e porventura, dos requisitos exigidos pelo respetivo município, com o objetivo de serem definidos critérios a serem cumpridos.

Seguidamente, poderão ser calculados os parâmetros de dimensionamento, nomeadamente o caudal de cálculo, o diâmetro das condutas, perdas de carga e verificação de pressões.

De acordo com o artigo 94 do RGSPDADAR [1] o dimensionamento hidráulico das redes prediais de abastecimento de água é efetuado em função dos seguintes parâmetros:

- Caudais de cálculo;
- Velocidades, que se devem situar entre 0,5 m/s e 2,0 m/s;
- Rugosidade do material;
- Pressões mínimas de serviço nos ramais de alimentação de fluxómetros para bacias de retrete, as quais correspondem aos diâmetros mínimos apresentados na Tabela 4.1:

**Tabela 4.1:** Valores dos diâmetros mínimos, correspondentes aos valores da pressão existentes nos ramais de alimentação de fluxómetros, para bacias de retrete (fonte: RGSPDADAR)

<b>Pressão (kPa)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
200	25
80	32
50	40

#### 4.1.1.1.1. Caudal de cálculo

Para a determinação dos caudais de cálculo é necessário o conhecimento dos dispositivos a abastecer em cada fogo, com isto, o RGSPDADAR [1] disponibiliza os caudais necessários que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização, denominados caudais instantâneos ou mínimos (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2:** Caudais instantâneos (Fonte: [26])

<b>Dispositivos de utilização</b>		<b>Caudais mínimos (l/s)</b>
Lavatório individual	Lv	0,10
Lavatório coletivo (por bica)	Lv	0,05
Bidé	Bd	0,10
Banheira	Ba	0,25
Chuveiro individual	Ch	0,15
Pia de despejos com torneira de 0,15 mm	Pd	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	Br	0,10
Urinol com torneira individual	Mi	0,15
Pia lava-louça	Ll	0,20
Bebedouro	Bdo	0,10
Máquina de lavar louça	Ml	0,15
Máquina de lavar roupa	Mr	0,20
Tanque de lavar roupa	Tq	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro	Brf	1,50
Urinol com fluxómetro	Mif	0,50
Boca de rega ou lavagem de $\phi$ 15 mm	Re	0,30
Boca de rega ou lavagem de $\phi$ 20 mm	Re	0,45
Esquentador	Esq	0,20 ou em conformidade com as instruções do fabricante
Máquinas industriais e outros aparelhos		Em conformidade com as instruções do fabricante

Com a obtenção dos caudais instantâneos ( $Qi$ ) é possível adquirir o caudal acumulado ( $Qa$ ), de acordo com a Equação 4.1:

$$Qa = \sum Qi \quad (4.1)$$

Paralelamente, o RGSPDADAR [1] considera a probabilidade da entrada em funcionamento simultâneo dos dispositivos de utilização instalados, sendo este uma relação entre o caudal simultâneo máximo previsível (caudal de cálculo -  $Qc$ ) e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através de uma dada secção e que tem por nome coeficiente de simultaneidade.

Existem três métodos de obtenção dos coeficientes de simultaneidade:

- Método do cálculo das probabilidades (em desuso);
- Método do coeficiente de simultaneidade ( $X$ );
- Método preconizado pelo Regulamento Português

O método do coeficiente de simultaneidade é traduzido pela Equação 4.2:

$$X = \frac{1}{\sqrt{N-1}}, \text{ se } N \geq 2 \quad (4.2)$$

Em que:

$X$  - coeficiente de simultaneidade

$N$  - número de dispositivos considerados

Ou então através da Figura 4.1.

Por fim, é então possível obter o caudal de cálculo ( $Qc$ ) que resulta do caudal acumulado afetado pelo coeficiente de simultaneidade:

$$Qc = X. Qa \quad (4.3)$$

Para situações de edifícios que possuam dispositivos munidos de abertura temporizada (fluxómetros) deverá ter-se em conta o número de fluxómetros em utilização simultânea:

$$Qc = X. Qa + n. Qi \quad (4.4)$$

Em que:

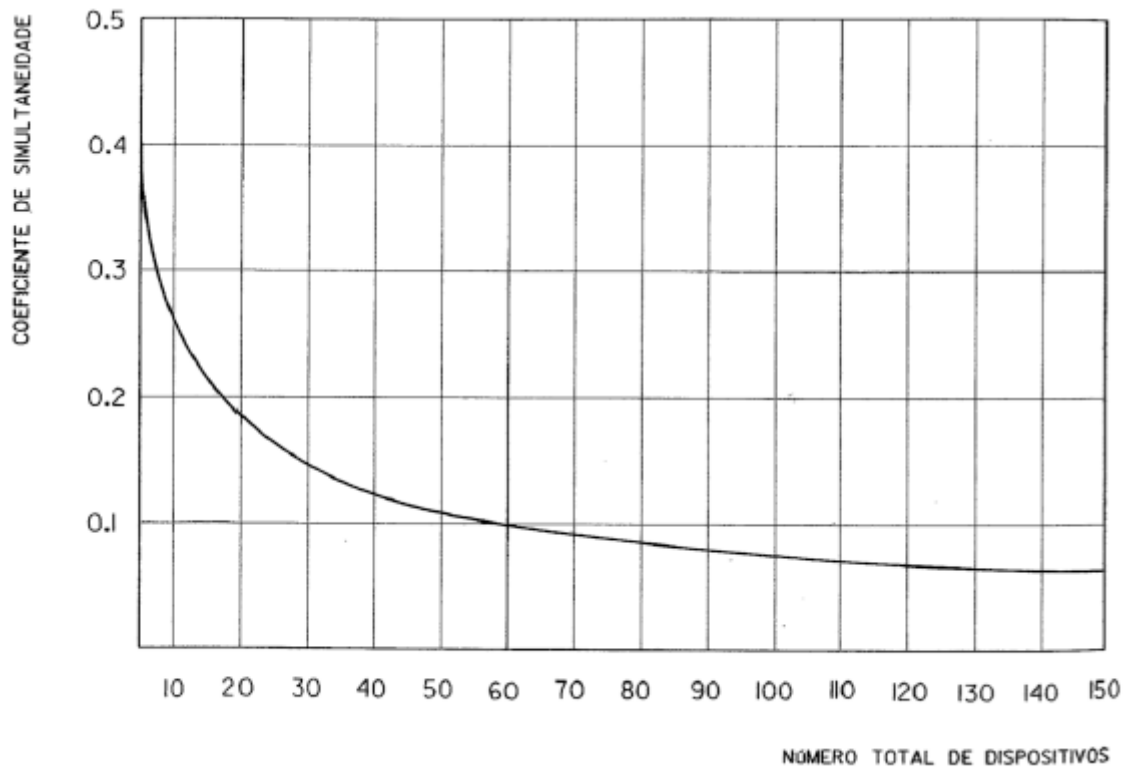
$Q_c$  - caudal de cálculo

$X$  - coeficiente de simultaneidade

$Q_a$  - caudal acumulado

$n$  - número de fluxómetros em utilização simultânea (Ver Tabela 4.3)

$Q_i$  - caudal instantâneo atribuído aos fluxómetros

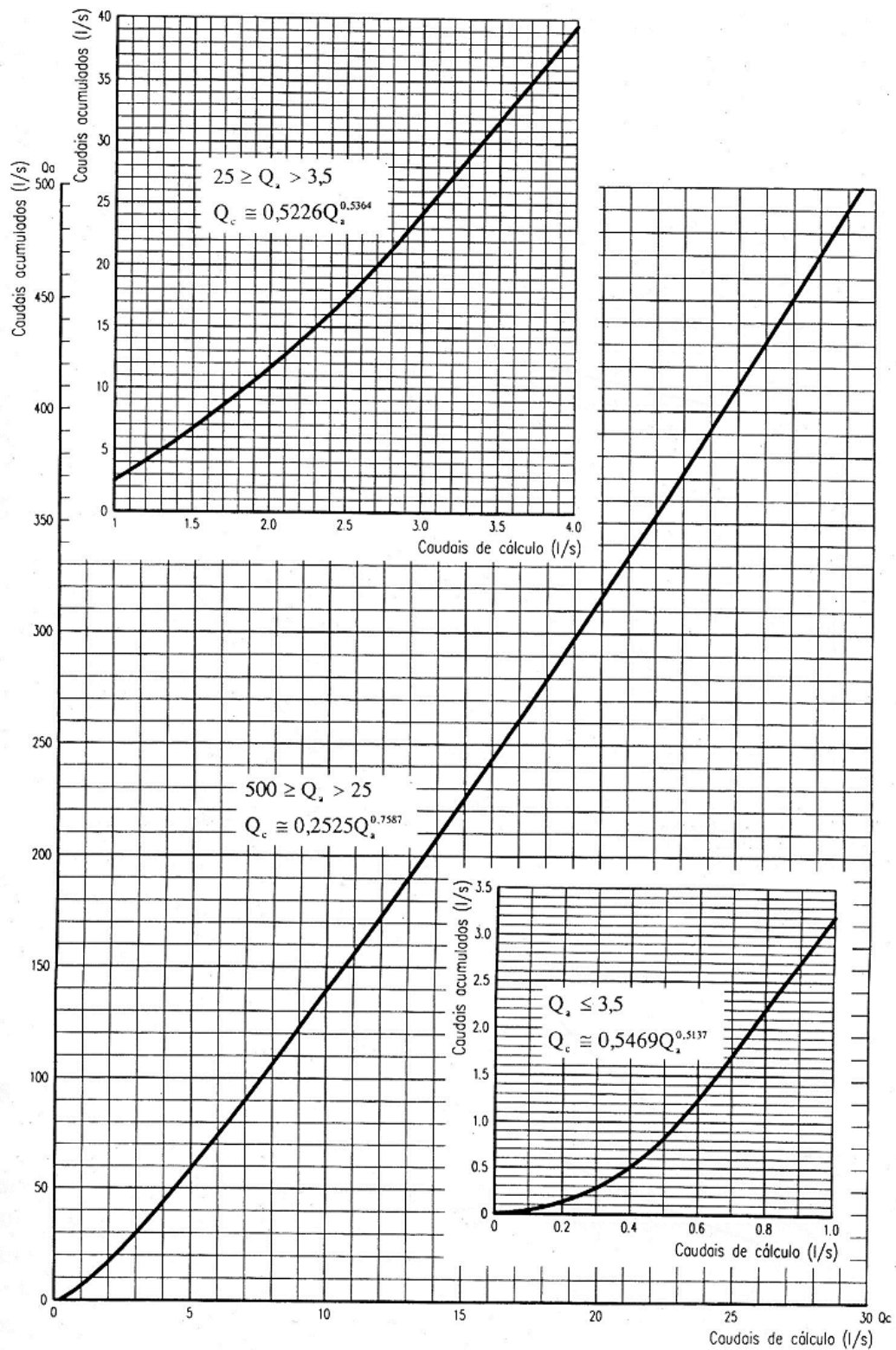


**Figura 4.1:** Coeficientes de simultaneidade em função do número de dispositivos de utilização (Fonte: [26])

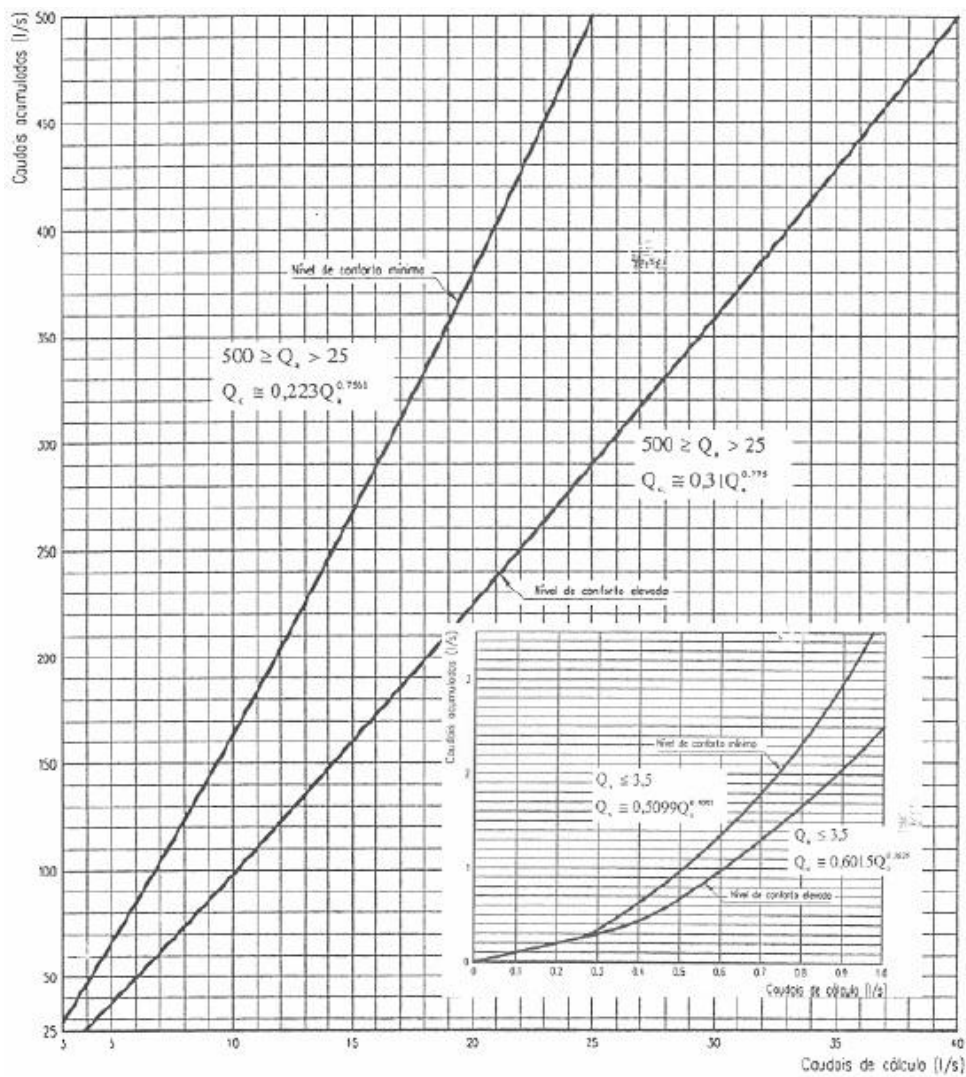
**Tabela 4.3:** Número de fluxómetros em utilização simultânea (Fonte: [26])

Número de fluxómetros instalados	Número de fluxómetros em utilização simultânea ( $n$ )
3 a 10	2
11 a 20	3
21 a 50	4
> 50	5

Relativamente ao método preconizado pelo Regulamento Português, este é um método que fornece diretamente os caudais de cálculo através de equações deduzidas a partir da análise da Figura 4.2, Figura 4.3 e Figura 4.4, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade e os caudais acumulados, para níveis de conforto mínimo, médio e elevado, mas sendo restringida a sua utilização apenas para habitações sem fluxómetros.

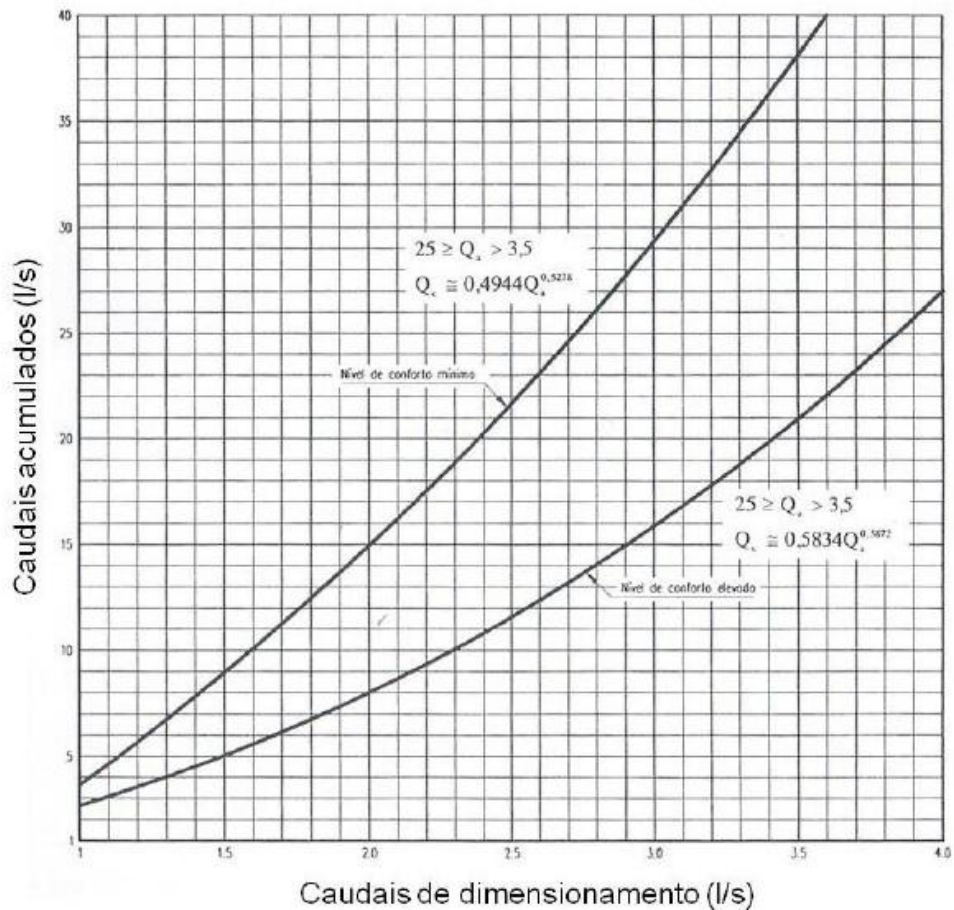


**Figura 4.2:** Gráfico para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto médio (Fonte: [26])



**Figura 4.3:** Gráfico para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto mínimo e elevado (Fonte: [26])





**Figura 4.4:** Ampliação em pormenor dos valores do gráfico da Figura 4.3, para determinação do caudal de cálculo em função dos caudais acumulados para níveis de conforto mínimo e elevado (Fonte: [26])

Sendo que o criador deste método não forneceu qualquer informação sobre as curvas criadas, a obtenção das equações matemáticas teve que ser realizada, ao longo destes anos, através de ajustes da curva a diferentes tipos de equações. As equações atualmente utilizadas traduzem o comportamento da curva com uma percentagem de certeza superior a 99% [11].

Posteriormente à determinação do caudal de cálculo, é possível estimar o diâmetro de tubagem mínimo necessário para se efetuar o escoamento.

#### 4.1.1.1.2. Determinação do diâmetro mínimo

A determinação do diâmetro mínimo das redes de abastecimento prediais é realizada recorrendo a:

- Métodos de cálculo analítico;

- Análise de gráficos;
- Análise de ábacos.

#### 4.1.1.1.2.1. Método de cálculo analítico

Neste método é usado uma equação (Equação 4.5) que tem por nome "equação da continuidade" com a qual é possível fazer uma estimativa do diâmetro mínimo usando valores das características da água, nomeadamente, o caudal de cálculo ( $Q_c$ ) de acordo com o estabelecido anteriormente e a velocidade de escoamento:

$$D_i = \sqrt{\frac{1,274 \cdot Q_c}{V}} \quad (4.5)$$

Em que:

D - diâmetro interior (m)

$Q_c$  - caudal de cálculo ( $m^3/s$ )

V - velocidade de escoamento (m/s)

Tendo já sido calculado o caudal de cálculo, restam duas incógnitas na Equação 4.5, o diâmetro interno das condutas e a velocidade de escoamento. O RGSPDADAR [1] admite valores de velocidade de escoamento entre os 0,5 m/s e 2,0 m/s e por simplificação de cálculo é habitual arbitrar o valor de 1m/s, sendo possível resolver a equação da continuidade em ordem ao diâmetro.

Conhecido o valor do diâmetro mínimo estimado procede-se à escolha do diâmetro interno das condutas que deverá ser de valor imediatamente acima ao diâmetro mínimo estimado e de um tipo de material apropriado para o sistema de abastecimento, visando os níveis de conforto pretendidos e a manutenção da qualidade da tubagem.

Estando o diâmetro estimado, é necessário, por fim, fazer a verificação da velocidade de escoamento exigida pelo RGSPDADAR [1] para esse diâmetro recorrendo à Equação 4.5.

#### 4.1.1.1.2.2. Análise gráfica

O dimensionamento de condutas da rede de abastecimento de água pode ser feito, também, com o recurso à análise da Tabela 4.4 com valores previamente estabelecidos.

Esta tabela permite o levantamento nos diâmetros internos e nominais das condutas em função de um caudal de cálculo previamente calculado.

**Tabela 4.4:** Dimensionamento das condutas de Ferro preto ou Ferro galvanizado (Fonte: [26])

Caudal de cálculo (l/s)	DN (mm)									
	DN (polegadas)									
	Diâmetro interior das tubagens (mm)									
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
	12,6	16,1	21,7	27,3	36	41,9	53,1	68,9	80,9	105,3
	Velocidade de escoamento (m/s)									
Perda de carga contínua incrementada de mais de 20% correspondente às perdas de carga localizadas (m/m)										
0,05	0,400	0,200								
	0,053	0,017								
0,10	0,800	0,490	0,270							
	0,178	0,056	0,013							
0,20		0,980	0,540	0,340						
		0,187	0,045	0,015						
0,30		1,470	0,810	0,510	0,290					
		0,380	0,092	0,031	0,008					
0,40		1,970	1,080	0,680	0,390					
		0,628	0,152	0,051	0,014					
0,50			1,350	0,850	0,490	0,360				
			0,225	0,076	0,020	0,010				
0,60			1,620	1,030	0,590	0,440				
			0,309	0,104	0,028	0,014				
0,70			1,890	1,200	0,690	0,510	0,320			
			0,405	0,136	0,037	0,018	0,006			
0,80				1,370	0,790	0,580	0,360			
				0,172	0,046	0,022	0,007			
0,90				1,540	0,880	0,650	0,410			
				0,211	0,057	0,028	0,009			
1,00				1,710	0,980	0,730	0,450			
				0,254	0,068	0,033	0,011			
1,50					1,470	1,090	0,680	0,400		
					0,139	0,068	0,022	0,006		
2,00					1,970	1,450	0,900	0,540	0,390	
					0,230	0,112	0,036	0,011	0,005	
2,50						1,810	1,130	0,670	0,490	
						0,165	0,054	0,016	0,007	
3,00							1,360	0,810	0,580	0,300
							1,580	0,021	0,010	0,003
3,50							0,097	0,940	0,680	0,400
							1,810	0,028	0,013	0,004
4,00							0,122	1,070	0,780	0,460
							2,030	0,035	0,017	0,005
4,50							0,150	1,210	0,880	0,520
								0,044	0,020	0,006
5,00								1,340	0,970	0,570
								0,052	0,024	0,007

#### 4.1.1.1.2.3. Análise de ábacos

À semelhança da análise gráfica, a análise de ábacos assenta nos mesmos princípios. É possível a obtenção de dois parâmetros de dimensionamento, conhecendo o valor dos outros dois complementares.

De seguida, estão representados três ábacos na Figura 4.5, Figura 4.6 e figura 4.7, referentes a diferentes tipos de materiais.

Para a utilização destes ábacos é necessário, no mínimo, o conhecimento de dois elementos, dos quais, caudal de cálculo, diâmetro, perda de carga ou velocidade.

Esses dois elementos são unidos através de uma linha reta sobre as escalas verticais correspondentes e os outros dois, lêem-se na interseção da linha traçada com as escalas correspondentes.

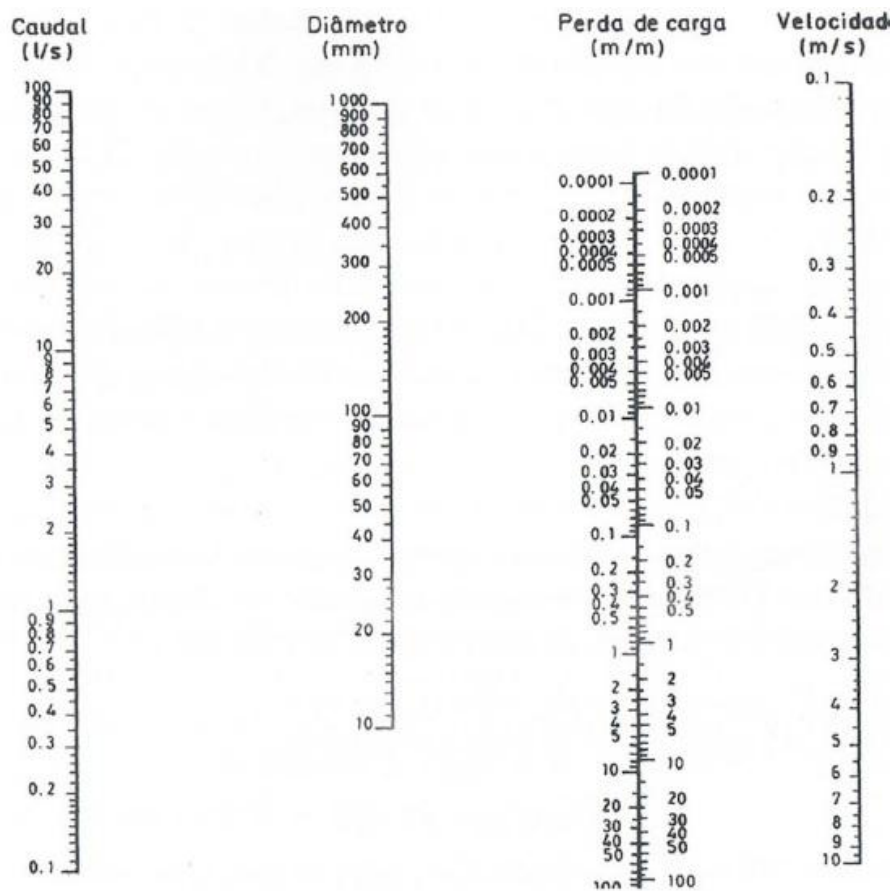
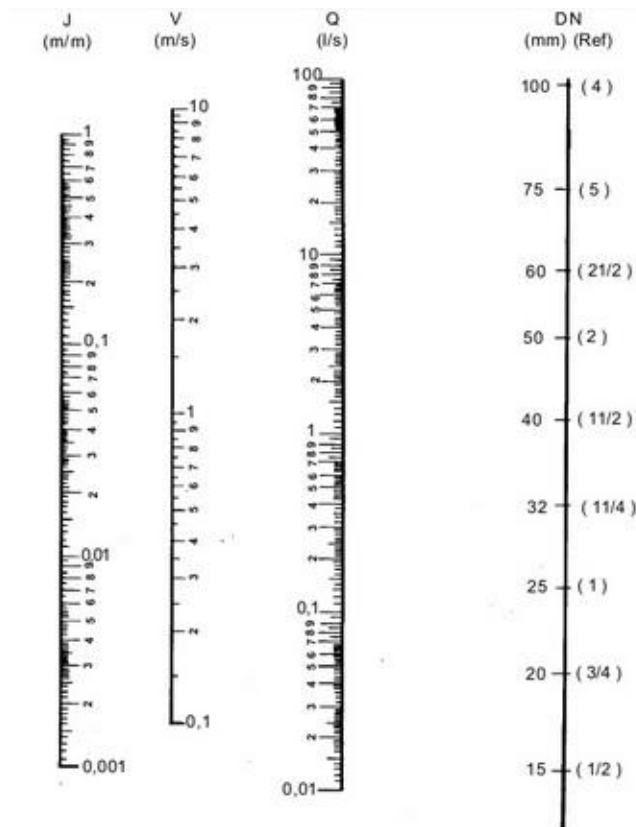
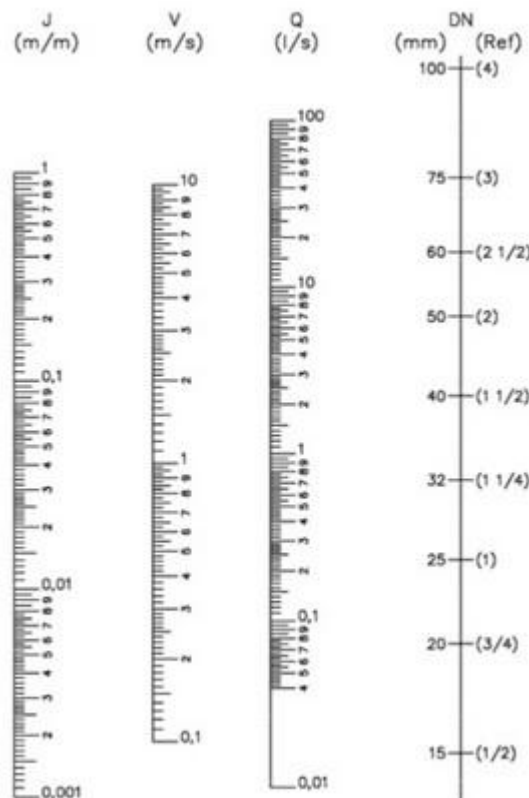


Figura 4.5: Dimensionamento das condutas de ferro preto e ferro galvanizado (Fonte: [26])



**Figura 4.6:** Dimensionamento das condutas de aço galvanizado e ferro fundido (Fonte: [26])



**Figura 4.7:** Dimensionamento das condutas de cobre e plástico (Fonte: [26])

Pela análise da Tabela 4.4 e das Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 é possível a determinação dos diâmetros internos das condutas assim como os valores das perdas de carga associadas, questão que será abordada no segmento seguinte.

#### **4.1.1.1.3. Determinação das perdas de carga**

As perdas de carga associadas a condutas referem-se à diminuição de tensão existente entre a tubagem e o fluido que se desloca no interior deste, devido ao atrito do fluido com as paredes e ao tumulto da sua passagem, como tal é facilmente perceptível que este fenómeno esteja diretamente relacionado com os caudais de cálculo, as características das redes e a alternância de direção ou dispositivos. Quando ocorrem devido às propriedades e dimensões do material constituinte das redes, estas são denominadas por perdas de carga contínuas e quando se verificam por consequência de uma interrupção de direção, cota, ou até a existência de dispositivos ou derivações, estas têm a designação de perdas de carga localizadas.

##### **4.1.1.1.3.1. Perdas de carga contínuas**

As perdas de carga intrínsecas a uma rede estão diretamente relacionadas com os caudais de cálculo e com o tipo de material e dimensões das condutas. De acordo com estes parâmetros surgiram algumas expressões que permitiam o cálculo das perdas de carga, sendo que as mais usadas são as expressões: de Scimemi, de Darcy e Weisbach, de Haaland e de Flamant.

**Expressão de Scememi** (Equação 4.6)

$$V = k \cdot D^\alpha \cdot J^\beta \quad (4.6)$$

Em que:

V - velocidade de escoamento (m/s)

D - diâmetro interno (m)

J - perda de carga unitária (m/m)

k,  $\alpha$ ,  $\beta$  - parâmetros determinados individualmente

Esta equação é utilizada para saneamento básico, para escoamento de água potável, sob pressão.

#### **Expressão de Darcy e Weisbach** (Equação 4.7)

$$J = f \cdot \frac{V^2}{D \cdot 2g} \quad (4.7)$$

Em que:

J - perda de carga (m/m)

f - fator de resistência

V - velocidade de escoamento (m/s)

D - diâmetro da tubagem (m)

g - aceleração da gravidade ( $m/s^2$ )

Embora do ponto de vista dimensional coerente, por vezes, torna-se difícil a utilização da Expressão 4.7, pois o parâmetro de resistência, que está associado à rugosidade do material, é por vezes desconhecido.

#### **Expressão de Haaland** (Equação 4.8)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \quad (4.8)$$

Em que:

f - fator de resistência

$\varepsilon$  - rugosidade absoluta (mm)

D - diâmetro da tubagem (mm)

$Re$  - número de Reynolds

Para este caso sucede o mesmo com o observável na expressão de Darcy e Weisbach, sem os valores da rugosidade a expressão torna-se inútil.

#### **Expressão de Flamant** (Equação 4.9)

$$D \cdot J = 4 \cdot b \cdot \sqrt[4]{\frac{V^7}{D}} \quad (4.9)$$

Em que:

D - diâmetro da tubagem (m)

J - perda de carga (m/m)

b - fator caracterizador da rugosidade do material

V - velocidade de escoamento (m/s)

À semelhança das expressões anteriores, esta também depende do material escolhido para condutas e a rugosidade associada a este. Na Tabela 4.5 é possível fazer a distinção entre os vários tipos de materiais, a partir de um fator de rugosidade que o caracteriza.

**Tabela 4.5:** Valores do fator de rugosidade (Fonte: [3])

<b>Material</b>	<b>b</b>
Materiais plásticos	0,000134
Cobre ou aço inox	0,000152
Aço	0,00023

Esta expressão é a mais utilizada pela fácil consulta do valor de rugosidade do material e é, também, a que será usada no âmbito desta dissertação.

#### **4.1.1.1.3.2. Perdas de carga localizadas**

Estas perdas de carga localizadas surgem devido à passagem do fluido por elementos constituintes da rede que provocam a alteração do sentido, direção ou cota desse mesmo fluido como contadores, válvulas, joelhos, entre outros.

Existem duas formas de calcular as perdas de carga localizadas, sendo uma delas um método rigoroso no qual se analisa ao pormenor cada singularidade, contabilizando a totalidade das perdas de carga existentes na rede interior de abastecimento e outro método mais simplificado que se baseia numa estimativa imediata das perdas de carga.

Nos casos em que a incidência das singularidades seja significativa, há necessidade de se contabilizar as perdas de forma precisa e para tal são somadas todas as perdas de carga de todas as singularidades existentes nas redes, troços retos e acessórios. No entanto, os acessórios não



















possuem um valor específico quanto às perdas provocadas no escoamento. Face a esta diversidade e necessidade, realizou-se uma equivalência de perdas de carga através da comparação de cada singularidade com um troço reto de tubagem com o mesmo diâmetro, ou seja, qual seria o comprimento de um troço retilíneo que causaria a mesma perda de carga que singularidade em específico.













A esta representação dá-se o nome de "Comprimento Equivalente".

A Tabela 4.6 e a Tabela 4.7 apresentam os valores dos comprimentos equivalentes, para perdas de carga localizadas de condutas de diferentes materiais.














**Tabela 4.6:** Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado (Fonte: [26])

Acessórios	Diâmetros (mm)									
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76
	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,78			
	0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73
	0,61	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	3,25			
		0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	1,04	1,37	1,64	2,18
	0,24	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54
	0,25	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69
	0,15	0,20	0,30	0,41	0,50	0,61	0,81	1,02	1,22	
		0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73			
		0,87								
	0,06	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,50	0,66
	0,51	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,74	3,43	4,11	5,49
	0,62	0,83	1,25	1,66	2,08	2,50	3,33	4,16	4,99	6,65
		0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,36	0,44		
		0,44	0,66	0,88	1,10	1,31	1,75	2,19		
	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,41			

**Tabela 4.7:** Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado (continuação) (Fonte: [26])

Acessórios	Diâmetros (mm)									
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	0,50	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69			
		0,28								
		0,30								
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			0,01							
		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7
		4,9	6,7	8,2	11,3	13,4	17,5	21,0	26,0	34,0
		2,6	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0
		3,6	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	20,0	23,0
		1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	8,4
		1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9

**Tabela 4.8:** Comprimentos equivalentes para condutas de aço galvanizado (continuação) (Fonte: [26])

Acessórios	Diâmetros (mm)							
	15	20	25	32	40	50	65	80
	1,1	1,2	1,5	2,0	3,2	3,4	3,7	3,9
	0,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8
	0,4	0,5	0,6	0,7	1,2	1,3	1,4	1,5
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	0,7	0,8	0,9	1,5	2,2	2,3	2,4	2,5
	2,5	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0
	2,5	2,4	3,1	4,6	7,3	7,6	7,8	8,0
	8,1	9,5	13,3	15,5	18,3	23,7	25,0	26,8
	2,5	2,7	3,8	4,9	6,8	7,1	8,2	9,3
	3,6	4,1	5,8	7,4	9,1	10,8	12,5	14,2
	11,1	11,4	15,0	22,0	35,8	37,9	38,0	40,0
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,9
	5,9	6,1	8,4	10,5	17,0	18,5	19,0	20,0

As perdas de carga devidas às singularidades poderão ainda ser determinadas através da Equação 4.10:

$$J_1 = \zeta \frac{V^2}{2g} \quad (4.10)$$

Em que:

$J_1$  - perda de carga











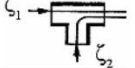

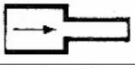

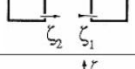

$\zeta$  - coeficiente que depende da geometria da singularidade, do número de Reynolds e de determinadas condições do escoamento

V - velocidade do escoamento (m/s)

g - aceleração gravítica (m/s<sup>2</sup>)

A determinação do coeficiente  $\zeta$  é obtida por via experimental e representados na Tabela 4.9:

**Tabela 4.9:** Valores de  $\zeta$  para a determinação das cargas localizadas (Fonte: [26])

Acessórios Dispositivos		Diâmetro (mm)									
		Cobre									
		Aço									
		8	10	12	14	16	20 25	30 32	36	40	50
		8	12		15	21	26	33	40	50	≥ 60
	90°	1,5			1			0,5			0,3
	45°	1			0,7			0,3			0,2
	90°	2	1,5		1		0,8		0,5		0,5
	45°	1,3	1		0,7		0,5		0,3		0,3
		1			0,5			0,2			
		1,5	1		0,5		0,3		0,2		
		16	15	14	12	10	8	6			
		0,5									
		1,5									
		1,5									
	$\zeta_1$				$\zeta_1 = 1$			$\zeta_2 = 1,5$			
		3									
		0,5									
		D (mm)/2									
					$\zeta_1 = 1$			$\zeta_2 = 0,5$			
					$\zeta_1 = 1$			$\zeta_2 = 0,5$		$\zeta_3 = 1,5$	

Paralelamente ao método dos comprimentos equivalentes, também é usado outro método de cálculo das perdas para casos de redes de abastecimento com dimensões e singularidades pouco significativas.

Neste método simplificado, o cálculo das perdas de carga é feito através um incremento às perdas de carga contínuas, geralmente de 20%, permitindo uma estimativa direta das perdas de carga.

$$J_{Localizada} = 0,2 \cdot J_{Contínua} \quad (4.11)$$

Apesar de se evitarem cálculos exaustivos, este método não contabiliza com exatidão as perdas de carga e pode dar origem a valores desfasados da realidade o que resulta num deficiente abastecimento de água.

Finalmente, estando determinadas as perdas de carga contínuas e localizadas, é possível contabilizar as perdas de carga totais multiplicando as perdas de carga contínuas com as perdas de carga localizadas para cada troço a analisar:

$$J_{Total}(\Delta H_t) = (J_{Contínua} + (0,2 \cdot J_{Contínua})) \cdot L \quad (4.12)$$

#### 4.1.1.1.4. Verificação das condições de pressão

Relativamente às pressões de serviço o RGSPDADAR [1] refere:

"As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenham entre 150 kPa e 300 kPa."

Como tal, surge a necessidade de verificar, após dimensionamento, as pressões para os dispositivos de utilização ao longo de toda a rede de abastecimento.

A Expressão 4.13 possibilita o cálculo da pressão de um ponto através da pressão num outro ponto do traçado:

$$P_x = P_d - Z_n - \Delta H_T \quad (4.13)$$

Em que:

$P_x$  - pressão disponível no ponto considerado (m.c.a.)

$P_d$  - pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício (m.c.a.)

$Z_n$  - diferença de cota entre o ponto x e a rede pública de distribuição (m)

$\Delta H_T$  - perdas de carga totais (m.c.a.)

Após a obtenção dos valores de pressão nos pontos críticos, procede-se à verificação desses valores com os valores estipulados pelo RGSPDADAR [1], ou seja, valores entre 150 kPa e 300 kPa. Se os valores obtidos se situarem entre este intervalo, o dimensionamento dá-se por terminado sem necessidade de ajustes, se tal não se verificar, então será imprescindível a alteração do diâmetro da rede para responder adequadamente à pressão em questão.

#### **4.1.2. Sistemas prediais de drenagem de água**

##### **4.1.2.1. Dimensionamento dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais**

Para o estudo do dimensionamento dos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas aborda-se o Título V do RGSPDADAR [1] que dita as regras de dimensionamento destas redes, elementos de base a considerar e outros aspetos importantes a ter em conta na conceção.

O correto dimensionamento destes sistemas e o conhecimento das metodologias e parâmetros de conceção como por exemplo, a existência de ventilação, independente, primária e, ou secundária, permite evitar que surjam situações que levem a bloqueios de escoamento ou à inexistência de circulação de ar.

Relativamente ao dimensionamento, inicialmente deverá calcular-se os caudais que se pretende estudar, de uma forma semelhante ao dimensionamento das redes de abastecimento de água, posteriormente são abordados os ramais de descarga proveniente dos dispositivos de utilização, de seguida dimensiona-se as condutas que asseguram a ventilação, culminando no estudo dos coletores prediais que fazem ligação à rede pública.

#### 4.1.2.1.1. Caudais de descarga

Os caudais de descargas são caudais produzidos pelos aparelhos sanitários que descarregam nas redes prediais de drenagem, caudais estes que são especificados pelo respetivo fabricante, mas para casos em que tal não suceda, o RGSPDADAR [1] estipula valores mínimos de caudais de descarga que deverão ser utilizados no dimensionamento. É da responsabilidade do fabricante assegurar o cumprimento dos caudais mínimos previstos no RGSPDADAR [1].

Na Tabela 4.10 são indicados os valores dos caudais mínimos de descarga para cada aparelho sanitário, segundo o Regulamento Geral.

**Tabela 4.10:** Caudais de descarga (Fonte: [1])

<b>Aparelho</b>	<b>Caudal (l/min)</b>
Bacia de retrete	90
Banheira	60
Bidé	30
Chuveiro	30
Lavatório	30
Máquina de lavar louça	60
Máquina de lavar roupa	60
Urinol de espaldar	90
Urinol suspenso	60
Lava-loiça	30
Tanque de lavar a roupa	60

Estipulados os valores dos caudais de descarga, determina-se o caudal acumulado de todos os aparelhos sanitários a estudar, que é dado pelo somatório de todos os caudais de descarga:

$$Q_a = \sum Q_i \quad (4.14)$$

Em que:

$Q_a$  - caudal acumulado (l/min)

$Q_i$  - caudal de descarga (l/min)

#### 4.1.2.1.2. Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo são determinados a partir do caudal acumulado afetado por um coeficiente de simultaneidade:

$$Q_c = X \cdot Q_a \quad (4.15)$$

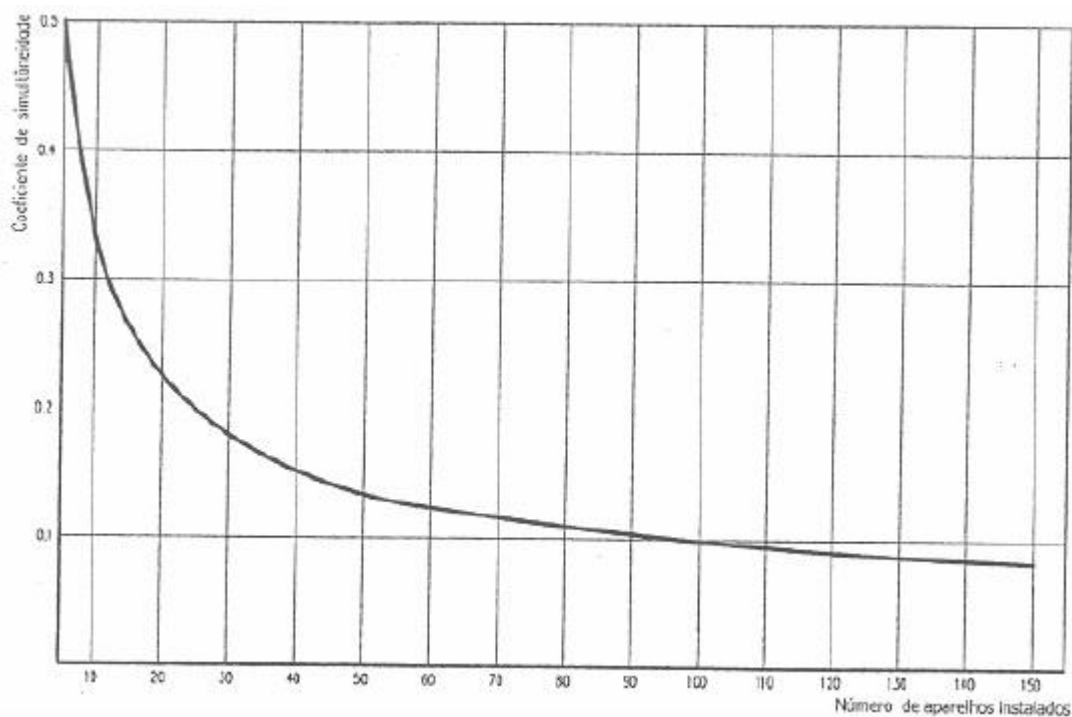
Em que:

$Q_c$  - caudal de cálculo

$X$  - coeficiente de simultaneidade

$Q_a$  - caudal acumulado

À semelhança do dimensionamento dos sistemas de abastecimento de água, é necessário ter em conta um coeficiente de simultaneidade, pois é improvável que num mesmo edifício todos os aparelhos sanitários procedam a uma descarga simultânea, exceto casos específicos tal como baterias de aparelhos e casos em que o número de aparelhos seja menor ou igual a dois. A determinação do coeficiente de simultaneidade pode ser efetuada de forma gráfica ou analítica, observável na Figura 4.8:



**Figura 4.8:** Coeficientes de simultaneidade em função do número de dispositivos de utilização (Fonte: [26])



A via analítica faz-se com recurso à Equação 4.16:

$$X = \frac{1}{\sqrt{N-1}}, \text{ se } N \geq 2 \quad (4.16)$$

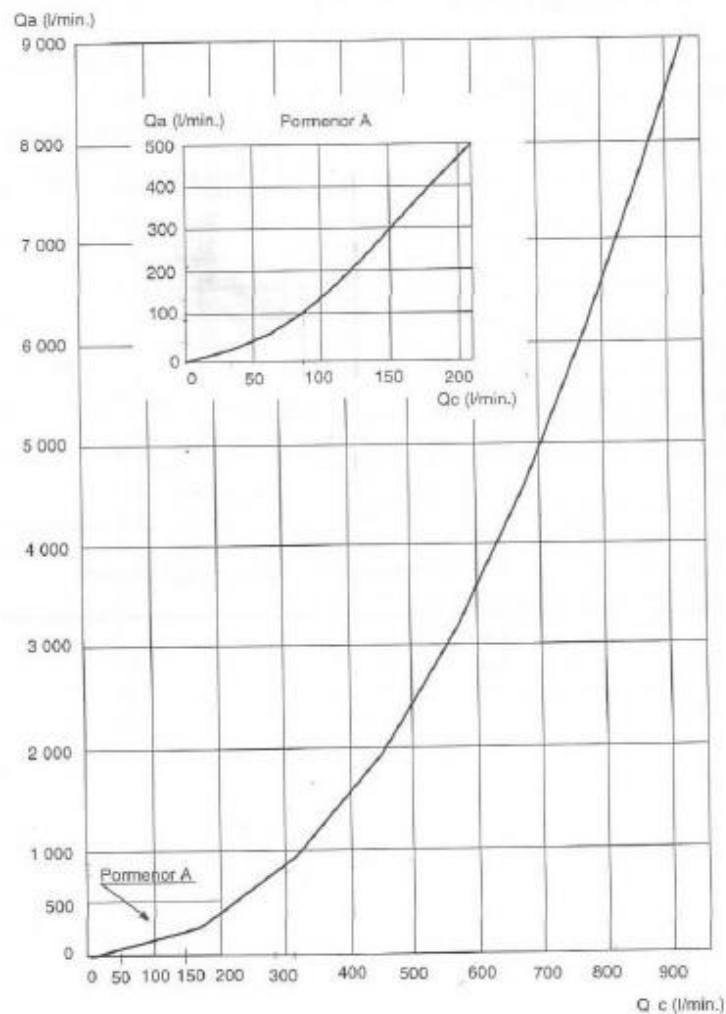
Em que:

X - coeficiente de simultaneidade

N - número de dispositivos considerados

No caso de escolas, internatos, balneários, recintos desportivos, quartéis, etc., em que seja previsível a utilização simultânea dos aparelhos instalados, o coeficiente de simultaneidade que afetará o somatório dos caudais de descarga deverá ser a unidade.

O RGSPDADAR [1] apresenta ainda outro método, por via gráfica, para a determinação direta dos caudais de cálculo a partir dos caudais acumulados, observável na Figura 4.9:



**Figura 4.9:** Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (Fonte: [26])

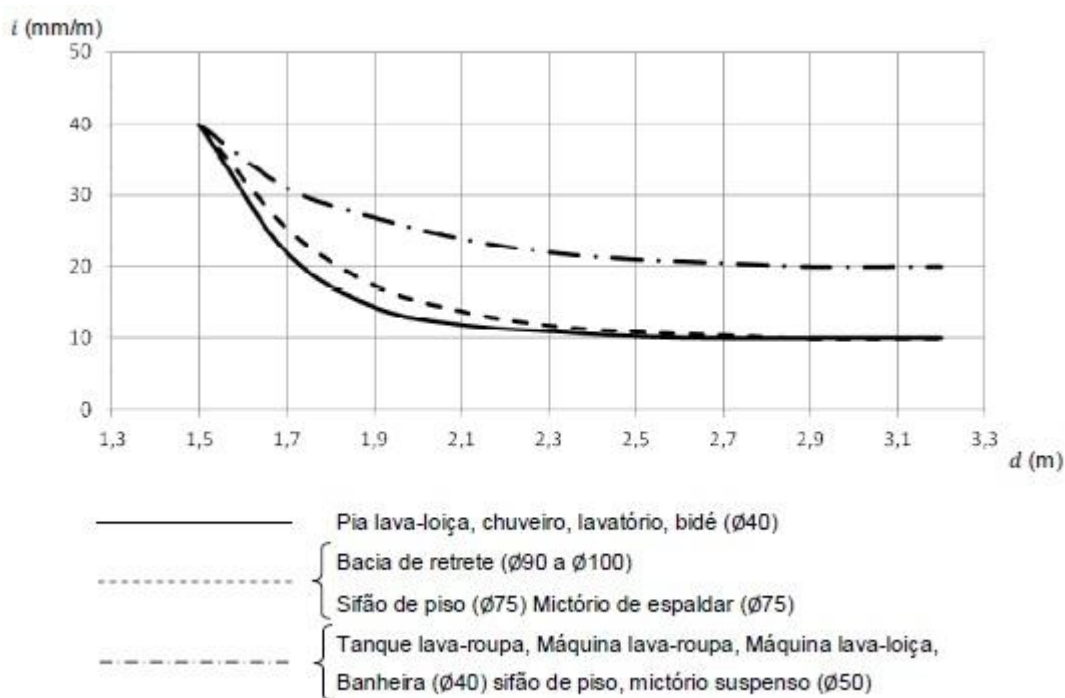
A utilização de cada método depende principalmente do caudal a escoar e do número de aparelhos servidos sendo o método regulamentar mais conservativo para os maiores caudais, podendo conduzir a diâmetros superiores por englobar, de forma conservativa, a vasta possibilidade de combinações de equipamentos a conjugar.

#### 4.1.2.1.3. Ramais de descarga

Para o dimensionamento dos ramais de descarga deverá dar-se especial atenção aos caudais de cálculo, às inclinações (que devem estar entre 10 e 40 mm/m), à rugosidade dos materiais e ao risco de perda do fecho hídrico.

O RGSPDADAR [1] considera dois tipos de ramais de descarga, os ramais de descarga individuais e os ramais de descarga não-individuais.

Os ramais de descarga deverão ser dimensionados, para um escoamento a secção cheia, na condição de serem respeitadas as distâncias máximas regulamentares entre o sifão e a secção ventilada, ou seja a distância que separa o sifão de um tubo de queda e, ou ramal de ventilação terá de ser inferior à distância apresentada na Figura 4.10:



**Figura 4.10:** Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada (Fonte: [6])

Esta condição é aplicada para casos de sistemas apenas com ventilação primária, mas os ramais de descarga individuais também poderão ser dimensionados para casos de sistemas com ventilação secundária completa.

Para este tipo de ramais o RGSPDADAR [1] também fornece, diretamente, os valores dos diâmetros mínimos destes a usar nos aparelhos sanitários (Tabela 4.11).

**Tabela 4.11:** Diâmetros mínimos dos ramais de descarga (Fonte: [26])

<b>Aparelho sanitário</b>	<b>Diâmetro mínimo do ramal individual (mm)</b>
Bacia de retrete	90
Banheira	40
Bidé	
Chuveiro	
Lavatório	
Máquina de lavar louça	50
Máquina de lavar roupa	
Tanque de lavar a roupa	
Urinol suspenso	
Lava-loiça	
Urinol de espaldar	75

Em situações em que estas condições não forem verificadas, o dimensionamento deverá ser feito para os ramais de descarga não individuais e para um escoamento a meia secção.

Os diâmetros interiores dos ramais de descarga também poderão ser calculados através de expressões, ábacos ou tabelas.

### **Através de uma Expressão**

#### **Expressão de Manning-Strickler (Equação 4.17)**

$$Q = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (4.17)$$

Em que:

Q - caudal de cálculo ( $m^3/s$ )

K - rugosidade da tubagem ( $m^{1/3}/s^{-1}$ )

A - secção da tubagem ocupada pelo fluido ( $m^2$ )

R - raio hidráulico (m)

i - inclinação (m/m)

Sendo o raio hidráulico, R, o quociente entre a área da secção líquida e o perímetro da secção líquida, obtém-se as seguintes equações para secção cheia (ramais de descarga individuais) (Equação 4.18) e meia secção (ramais de descarga não-individuais) (Equação 4.19).

$$D_{int} = \frac{Q^{3/8}}{0,6459.K^{3/8}.i^{3/16}} \quad (4.18)$$

$$D_{int} = \frac{Q^{3/8}}{0,4980.K^{3/8}.i^{3/16}} \quad (4.19)$$

Para a obtenção do valor da rugosidade da tubagem é possível consultar a Tabela 4.12, consoante o tipo de material:

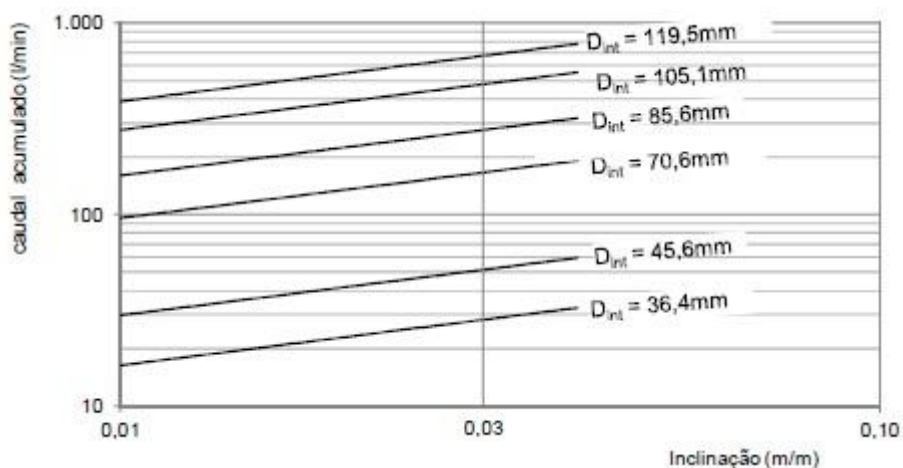
**Tabela 4.12:** Valores da rugosidade do material constituinte da tubagem (Fonte: [26])

Constituição das tubagens	K ( $m^{1/3}/s^{-1}$ )
PVC	120
Cimento liso, chapa metálica sem soldaduras, fibrocimento	90 a 100
Cimento afagado, aço com proteção betuminosa	85
Reboco, grés, ferro fundido	80
Betão, ferro fundido com algum uso	75
Ferro fundido usado	70

## Através de Ábacos

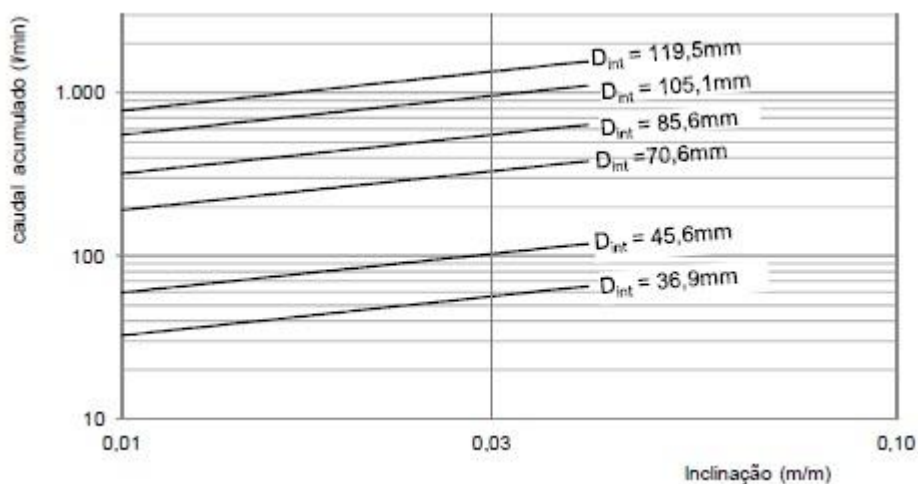
A determinação dos diâmetros internos pela consulta destes ábacos é feita em função de um caudal acumulado previamente calculado e de uma inclinação desejada, consoante se trate de um ramal de descarga individual ou de um ramal de descarga não individual.

Para ramais de descarga individuais (Figura 4.11).



**Figura 4.11:** Escoamento a meia secção (Fonte: [6])

Para ramais de descarga não-individuais (Figura 4.12).



**Figura 4.12:** Escoamento a secção cheia (Fonte: [6])

## Através de uma Tabela

Este método apenas é possível de ser aplicado caso o escoamento se processe a meia secção e considerando que o material da tubagem possui uma rugosidade  $K=120 m^{1/3}.s^{-1}$  (Tabela 4.13).

**Tabela 4.13:** Diâmetros dos ramais de descarga individuais (Fonte: [26])

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
40	36,4	16	23	28	33
50	45,6	30	42	52	60
75	70,6	96	135	165	191
90	85,6	160	226	277	319
110	105,1	276	390	478	552
125	119,5	389	550	673	777

### 4.1.2.1.4. Tubos de queda

Como abordagem inicial dos tubos de queda, o RGSPDADAR [1] refere que os diâmetros destes não deverão ser inferiores ao maior dos diâmetros dos ramais que neles confluem, estipulando um valor mínimo de 50mm, e que deverão ser constantes em toda a sua extensão, sendo dispensada a utilização de acessórios ao longo do tubo que provoquem uma redução da velocidade de escoamento.

O dimensionamento dos tubos de queda tem como ponto de partida a análise da taxa de ocupação do caudal drenado variando com a existência de sistema de ventilação secundária. Isto é, a taxa de ocupação máxima do caudal drenado a considerar no dimensionamento será de 1/3 caso exista sistema de ventilação secundária, caso não suceda, a taxa máxima varia entre 1/7 e 1/3 conforme o diâmetro do tubo de queda.

Na Tabela 4.14 é possível observar os valores das taxas de ocupação a usar no dimensionamento de tubos de queda sem ventilação secundária relativamente ao diâmetro destes em questão.

**Tabela 4.14:** Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária (Fonte: [1])

<b>Diâmetro do tubo de queda (mm)</b>	<b>Taxa de ocupação (t<sub>s</sub>)</b>
D = 50	1/3
50 < D ≤ 75	1/4
75 < D ≤ 100	1/5
100 < D ≤ 125	1/6
D > 125	1/7

Os valores da Tabela 4.14 resultam da relação experimental definida na Equação 4.20:

$$Q \leq 2,5\emptyset \quad (4.20)$$

Em que:

Q - caudal de cálculo (l/min)

∅ - diâmetro interior do tubo de queda (mm)

A Equação 4.20 terá de garantir que os valores de depressão no tubo de queda não excedam 40 m.c.a., produzindo oscilações de nível nos sifões dos ramais convergentes na ordem dos 25 mm, de modo a não colocar em causa a perda de fecho hídrico.

O RGSPDADAR [1] permite a determinação diâmetro interno do tubo de queda através de 3 formas distintas: uma equação, uma tabela e um ábaco.

#### **Através de uma equação:**

Com a obtenção do caudal de cálculo confluyente para o tubo de queda e determinação da taxa de ocupação é possível calcular o diâmetro interior dos tubos de queda através da Equação 4.21.

$$D = 4,4205 \cdot Q^{\frac{3}{8}} \cdot t_s^{-\frac{5}{8}} \quad (4.21)$$

Em que:

D - diâmetro interior do tubo de queda (mm)

Q - caudal de cálculo (l/min)

ts - taxa de ocupação

**Através da Tabela 4.15:**

A determinação dos diâmetros interiores e nominais das condutas de drenagem de águas residuais domésticas, a partir da Tabela 4.15, é feita em função dos caudais de cálculo e de uma taxa de ocupação previamente definida.

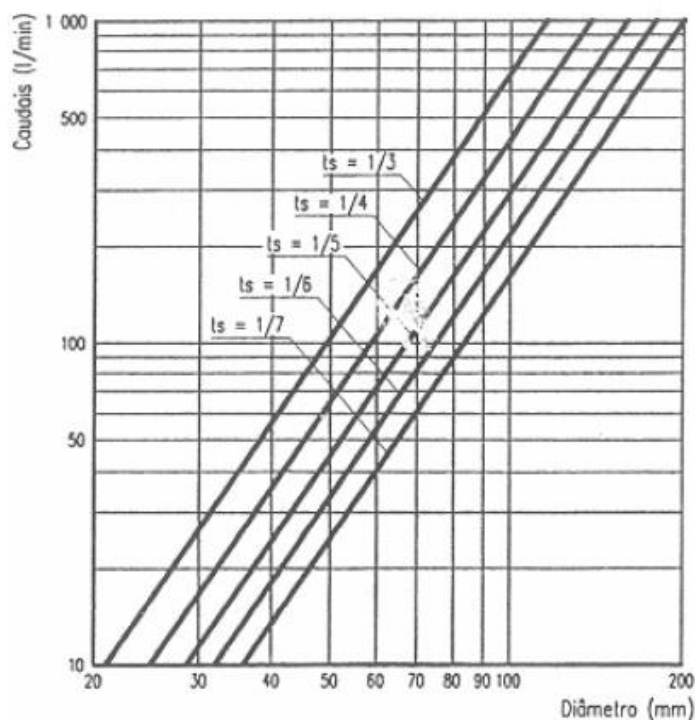
**Tabela 4.15:** Dimensionamento dos tubos de queda (Fonte: [26])

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)				
		Taxa de ocupação				
		1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	45,6	81	50	34	25	20
75	70,6	259	160	111	82	63
90	85,6	433	268	185	136	106
110	105,1	749	464	320	236	182
125	119,5	1055	653	450	332	257
140	133,9	1429	885	610	450	348
160	153	2039	1262	870	642	497
200	191,4	3704	2293	1581	1167	902
250	239,4	6728	4165	2872	2119	1639

**Através de um ábaco da Figura 4.13:**

O processo de determinação dos diâmetros internos a partir da Figura 4.13, é estabelecida fazendo a correspondência entre os caudais de cálculo e a taxa de ocupação previamente definida.





**Figura 4.13:** Dimensionamento dos tubos de queda (Fonte: [26])

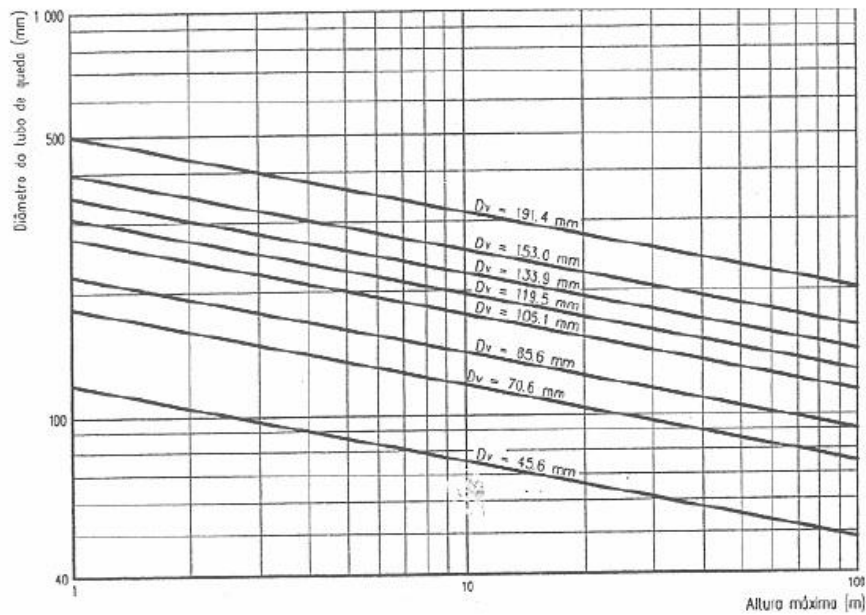
#### 4.1.2.1.5. Colunas de ventilação

Para as colunas de ventilação o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais refere que as colunas de ventilação têm a função de complementar a ventilação efetuada pelos tubos de queda para casos em que a taxa de ocupação nesses tubos seja superior aos valores estipulados pelo próprio RGSPDADAR [1], valores observáveis na Tabela 4.14.

Refere também que as colunas de ventilação têm o compromisso de assegurar a ventilação da rede quando os tubos de queda são inexistentes, quando estes possuírem um comprimento que exceda os 35m e possuírem um caudal de cálculo superior a 700 l/min, em simultâneo.

No que toca ao dimensionamento, a secção destas condutas não deve diminuir no sentido ascendente e a determinação do diâmetro da coluna de ventilação secundária é realizada em função do diâmetro do tubo de queda respetivo e do comprimento máximo da coluna.

Para a determinação do diâmetro das colunas de ventilação, o RGSPDADAR [1] fornece o ábaco da Figura 4.14:



**Figura 4.14:** Dimensionamento dos tubos de queda (Fonte:[1])

As curvas visíveis na Figura 4.14 podem ser representadas pela Equação 4.22:

$$D_v = 0,390 \cdot L_v \cdot 0,187 \cdot D \tag{4.22}$$

Em que:

$D_v$  - diâmetro da coluna de ventilação (mm)

$L_v$  - comprimento da coluna de ventilação (m)

D - diâmetro do tubo de queda (mm)

Foi também criada uma tabela para determinação de diâmetros de colunas de ventilação com o intuito de simplificar o desenvolvimento de cálculos, sendo apenas aplicável a condutas de PVC (Tabela 4.16).

**Tabela 4.16:** Dimensionamento das colunas de ventilação para condutas de PVC (Fonte: [26])

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Altura máxima (m)						
		DN do tubo de queda						
		Diâmetro interior do tubo de queda (mm)						
		90	110	125	140	160	200	250
		85,6	105,1	119,5	133,9	153	191,4	239,4
50	45,6	5						
75	70,6	55	18	9	5			
90	85,6	154	51	26	14	7		
110	105,1		154	77	42	21	6	
125	119,5			154	84	41	12	
140	133,9				154	75	23	7
160	153					154	46	14
200	191,4						154	46

#### 4.1.2.1.6. Coletores prediais

Os coletores têm o propósito de encaminhar as águas residuais provenientes dos tubos de queda ou ramais de descarga até a outros possíveis tubos de queda ou ramais de ligação.

Para os coletores prediais o Regulamento geral impõe que o dimensionamento seja feito para um escoamento não superior a meia secção, para inclinações compreendidas entre 10 e 40 mm/m (1% e 4%) e ainda que o seu diâmetro não seja inferior ao maior dos diâmetros das canalizações a eles ligadas, com um limite mínimo de 100 mm.

O diâmetro dos coletores prediais pode ser obtido através de uma equação ou de uma tabela.

**Expressão de Manning-Strickler** (Equação 4.23)

$$Q = K.A.R^{2/3}.i^{1/2} \quad (4.23)$$

Em que:

Q - caudal de cálculo ( $m^3/s$ )

K - rugosidade da tubagem ( $m^{1/3}/s^{-1}$ )

A - secção da tubagem ocupada pelo fluido ( $m^2$ )

R - raio hidráulico (m)

i - inclinação (m/m)

Para escoamentos a meia secção:

$$\phi = \frac{Q^{3/8}}{0,4980.K^{3/8}.i^{3/16}} \quad (4.24)$$

Os valores da Tabela 4.17 foram obtidos através da Equação 4.24 para um escoamento a meia secção e para uma rugosidade (K) de  $120 m^{1/3}.s^{-1}$

Para o levantamento dos diâmetros internos e nominais dos coletores prediais a partir da Tabela 4.17, faz-se a correspondência dos caudais de cálculo com a inclinação previamente definida.

**Tabela 4.17:** Dimensionamento dos coletores prediais (Fonte: [26])

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	105,1	276	390	478	552
125	119,5	389	550	673	777
140	133,9	527	745	912	1053
160	153	751	1063	1301	1503
200	191,4	1365	1931	2365	2730
250	239,4	2479	3506	4294	4959
315	301,8	4598	65603	7965	9197

#### **4.1.2.1.7. Ramais de ligação**

Os ramais de ligação possuem um dimensionamento idêntico ao verificado no coletores prediais, apenas sendo necessário ter em conta que o diâmetro destes não deve ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem, com um mínimo de 125 mm e as suas inclinações não deverão ser inferiores a 10 mm/m, sendo aconselhável que se situem entre 20 e 40 mm/m.

## **4.2. Norma Europeia EN 806-3, *Specifications of Installation Inside Buildings Conveying Water for Human Consumptions - Part 3: Pipe Sizing - Simplified Method*. "Especificações técnicas relativas às instalações de água para consumo humano no interior de edifícios"**

### **4.2.1. Considerações iniciais**

Relativamente às redes prediais de abastecimento de água irá ser abordada a norma europeia EN 806 [2], mais especificamente a parte 3, que se debruça sobre a área do dimensionamento das instalações. Como já referido no estado de arte, esta norma propõe um método simplificado de dimensionamento aplicável a instalações correntes de redes de água fria e quente, excetuando circuitos de retorno.

Inicialmente, a norma fornece as grandezas, definições e unidades a usar nos cálculos de dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água. De seguida, apresenta os princípios e limites a cumprir antes de proceder ao dimensionamento propriamente dito. Estes limites são especialmente focados na pressão e velocidade presentes nas condutas.

Relativamente às pressões, a norma estipula que as pressões máximas (estáticas) nos dispositivos de utilização sejam de 500 kPa, com exceção de casos como bocas de lavagem ou rega, onde é admitido um máximo de 1000 kPa, pois trata-se de casos onde são necessárias altas pressões, e estipula como pressão mínima o valor de 100 kPa.

Fazendo uma comparação entre a norma EN 806 [2] e o RGSPDADAR [1] é possível verificar que o regulamento português admite um valor máximo de pressão superior ao da norma europeia, nomeadamente de 600 kPa. Este aspeto pode revelar-se de alguma importância na aplicação de dispositivos importados, em particular quando têm origem em países onde é aplicada a norma EN 806 [2], pois poderão não estar adequados ao funcionamento com pressões tão elevadas [27].

No que toca a valores limites de velocidade de escoamento, a EN 806 [2] não define nenhum valor para velocidades mínimas e apresenta como velocidade máxima o valor de 2 m/s para ramais principais e o valor de 4 m/s para subramais. O valor de 4 m/s é um valor elevado e só deverá ser usado em situações muito particulares, pois uma velocidade elevada poderá ser responsável por ruídos e defeitos nas instalações prediais, pondo em causa os níveis de qualidade e conforto sentidos pelos ocupantes.

Relativamente à classificação do tipo de sistema, a norma EN 806 [2] distingue as instalações entre sistemas normais (*standard-installations*) e sistemas especiais (*special-installations*).

Para um sistema ser considerado normal tem de fazer cumprir 3 características:

- Os caudais de projeto ( $Q_A$ ) nos dispositivos, estão compreendidos entre os valores de  $Q_{min}$  e  $Q_A$  listados na Tabela 4.18.
- Os caudais de cálculo nos dispositivos não devem ser superiores aos caudais de cálculo obtidos pela consulta do anexo B da Norma EN 806 [2] e representada na Figura 4.15.
- Em nenhum ponto de consumo o escoamento contínuo deve ter duração superior a 15 min.

**Tabela 4.18:** Caudais mínimos( $Q_{min}$ ), caudais de projeto( $Q_A$ ) nos dispositivos de utilização, e “unidades de carga” (LU) (Fonte: [27])

Dispositivos de utilização	$Q_A$	$Q_{min}$	LU
	l/s	l/s	
Lavatório, bidé, autoclismo de bacia de retrete, lava-mãos	0,10	0,10	1
Pia lava-louça doméstica, máquina de lavar roupa <sup>a</sup>	0,20	0,15	2
Máquina de lavar louça, chuveiro, pia de despejo	0,20	0,15	2
Fluxómetro de mictório	0,30	0,15	3
Banheira (uso doméstico)	0,40	0,30	4
Torneira de serviço para rega ou lavagem (jardim, garagem)	0,50	0,40	5
Pia lava-louça não doméstica (DN 20), banho (não doméstico)	0,80	0,80	8
Fluxómetro DN 20	1,50	1,00	15
<sup>a</sup> Para aplicações não domésticas consultar os fabricantes			

No caso de a instalação não cumprir qualquer uma destas características, é denominada de instalação especial. Para o caso em estudo será tratada uma instalação normal.

Segundo a norma EN 806 [2], o dimensionamento das condutas de abastecimento de água é feito através da consulta direta de tabelas simplificadas com os diâmetros mínimos das condutas. No entanto, esta norma disponibiliza igualmente o anexo B para determinação dos caudais de cálculo, apesar de não ser necessária a sua consulta para a obtenção dos diâmetros internos e externos.

#### 4.2.2. Determinação do caudal de cálculo

Tal como sucede no RGSPDADAR [1], também a norma europeia fornece valores de caudal de projeto (instantâneo) e caudais mínimos para os diferentes dispositivos de utilização (Tabela 4.18). Contudo, a norma europeia EN 806 [2] apresenta uma nova grandeza, a "unidade de carga (LU)", cujo valor unitário equivale a 0,1 l/s, que surge com o intuito de dar lugar aos caudais de projeto/instantâneos numa tentativa de tornar o dimensionamento mais simples.

Este método consiste na observação direta da Figura 4.15 deste documento, fornecido pela norma EN 806 [2], para obtenção do caudal de cálculo ( $Q_d$ ) quando é conhecido o somatório de "unidades de carga" exigidos pela rede até ao ponto em estudo e o valor máximo de "unidades de carga" individual, ou seja, do dispositivo de utilização a tratar.

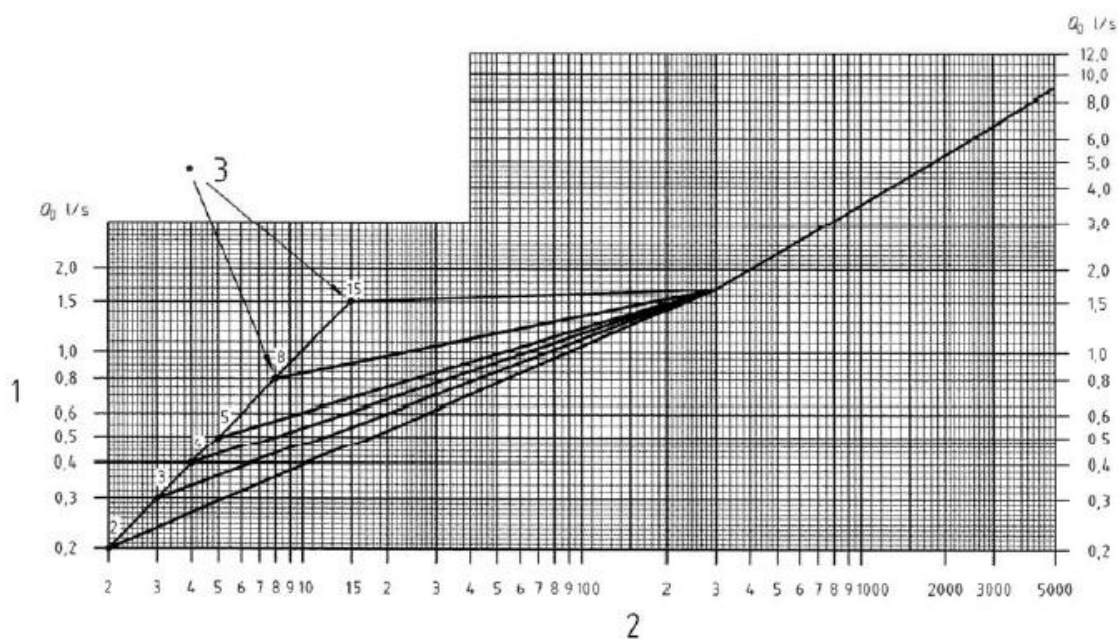


Figura 4.15: Caudal de cálculo em função do caudal total (Fonte: [11])



A legenda 1 corresponde ao caudal de cálculo ( $Q_d$ ), em l/s, a legenda 2 corresponde ao somatório das “unidades de carga” (LU) e a referência 3 exemplifica os valores de LU mais elevados que se podem encontrar nos dispositivos instalados. O traçado da curva a utilizar nos cálculos deve ser escolhido seguindo a linha que corresponde ao valor de LU mais elevado.

Como referido anteriormente, este método apenas permite a determinação dos caudais de cálculo de cada dispositivo de utilização, não devendo ser usado em conjunto com o método de consulta direta dos diâmetros como meio para a determinação destes, visto que as tabelas simplificadas foram concebidas sem recurso ao caudais de cálculo obtidos através da Figura 4.15. A adoção de tal procedimento leva a um incorreto dimensionamento das velocidades finais e dos valores de diâmetros.

#### **4.2.3. Dimensionamento da rede de abastecimento de água**

O método consiste em elaborar um somatório das "unidades de carga (LU)" de todos os dispositivos de utilização, previamente quantificados, de uma habitação, ou então apenas de uma dada seção da rede, para que seja possível posteriormente, através da observação direta das tabelas fornecidas na norma EN 806 [2], o levantamento dos diâmetros mínimos exteriores e interiores a utilizar no dimensionamento para os diferentes materiais.

Ao contrário do RGSPDADAR [1], a norma EN 806 [2] já considera as probabilidades do uso simultâneo dos vários dispositivos de utilização, não sendo necessários cálculos adicionais para a determinação dos diâmetros.

A norma fornece os valores dos diâmetros internos e externos para os diferentes materiais: aço galvanizado, cobre, aço inoxidável, PEX, PB, PP, PVC e materiais compostos. Na Tabela 4.19 pode-se observar os valores correspondentes ao material PVC.

**Tabela 4.19:** Diâmetros internos e externos em função das "unidades de carga" para condutas de PVC (Fonte: [2])

Carga máxima	LU	3	4	5	10	20	45	160	420	900
Valor mais elevado	LU			4	5	8				
$d_e \times e$	mm	16 x 2,0	16 x 2,0	16 x 2,0	20 x 2,3	25 x 2,8	32 x 3,6	40 x 4,5	50 x 5,8	53 x 5,9
$d_i$	mm	12,0	12,0	12,0	15,4	19,4	24,8	31	38,8	49,2
Comprimento máximo do troço	m	10	6	5						

É ainda de destacar que, apesar de a norma europeia EN 806 [2] não exigir o cálculo das perdas de carga associadas ao escoamento, o comprimento dos tubos a dimensionar é limitado, como se pode observar na Tabela 4.19 utilizada para o dimensionamento. Esta consideração permite evitar a ocorrência de perdas de carga muito elevadas [25].

Concluindo, é facilmente perceptível que o método simplificado de dimensionamento pela norma europeia, apesar de ser um método de fácil e rápida utilização, em comparação com o RGSPPDADAR [1], revela ser um método que poderá, eventualmente, conduzir a valores de diâmetro não satisfatórios e desadequados ao tipo de instalação e abastecimento de um edifício, traduzido em baixos níveis de conforto.

### **4.3. Norma Europeia EN 12056-2, *Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation*. "Sistemas de drenagens de águas residuais no interior de edifícios"**

#### **4.3.1. Considerações iniciais**

A norma EN 12056 [3] é uma norma que trata e define os critérios de traçado, instalação e dimensionamento de redes de águas residuais domésticas e pluviais.

No âmbito desta dissertação irá ser abordada a parte 2 da norma, onde se encontra o dimensionamento das redes de águas residuais.

À semelhança da norma EN 806-3 [2], esta norma também se inicia com o fornecimento e definições das grandezas, símbolos e unidades a tratar ao longo do dimensionamento das redes de drenagem de águas residuais domésticas.

Posteriormente, a norma caracteriza quatro tipos de configurações de sistema de drenagem de águas residuais presentes nos diferentes países europeus, a saber:

- Sistema I: Sistema constituído por ramais de descarga, com escoamento a meia secção, ligados a um único tubo de queda;
- Sistema II: Sistema constituído por ramais de descarga, com altura da lâmina líquida até 0,7 do seu diâmetro, ligados a um único tubo de queda;
- Sistema III: Sistema constituído por ramais de descarga, com escoamento a secção cheia, individualmente ligados a um único tubo de queda;
- Sistema IV: Sistemas dos tipos I, II e III que fazem a separação entre águas negras e águas cinzentas.

Paralelamente aos diferentes tipos de sistemas principais de drenagem a norma EN 12056-2 [3] também disponibiliza as configurações permitidas relativas à ventilação dos tubos de queda e dos ramais de descarga que se subdividem em sistemas de ventilação primária e secundária para os tubos de queda, ventilados e não ventilados para os ramais de descarga respeitante aos ramais de descarga.

Comparativamente ao RGSPDADAR [1], denota-se uma notável semelhança quanto aos critérios de instalação e configuração, destacando-se o fecho hídrico dos sifões que não deve ser inferior a 50 mm e o diâmetro nominal dos tubos de descarga não pode ser reduzido na direção do escoamento.

#### **4.3.2. Critérios iniciais para dimensionamento**

Numa etapa prévia ao dimensionamento, é imprescindível a determinação dos caudais a tratar em cada dispositivo e troço da rede de drenagem, e como tal, a norma EN 12056-2 [3] dispõe dos caudais de descarga para cada aparelho sanitário relativamente aos quatro diferentes tipos de sistemas. No entanto, segundo a norma, os caudais de descarga descritos no RGSPDADAR [1], têm o nome de "unidades de descarga (DU)" correspondendo a valores médios de cálculo desses mesmos caudais para cada aparelho sanitário e tendo como unidade de medida o l/s.

Na Tabela 4.20 pode-se observar as "unidades de descarga" de cada tipo de sistema relativamente a cada aparelho sanitário.

**Tabela 4.20:** "Unidades de Descarga" dos aparelhos sanitários (Fonte: [3])

Ponto de descarga	DU (l/s)			
	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
Lavatório, Bidé	0,5	0,3	0,3	0,3
Chuveiro sem mangueira	0,6	0,4	0,4	0,4
Chuveiro com mangueira	0,8	0,5	1,3	0,5
Urinol de depósito	0,8	0,5	0,4	0,5
Urinol de fluxómetro	0,5	0,3	***	0,3
Urinol de espaldar	0,2 *	0,2 *	0,2 *	0,2 *
Banheira	0,8	0,6	1,3	0,5
Lava-louça	0,8	0,6	1,3	0,5
Máquina lava-louça doméstica	0,8	0,6	0,2	0,5
Máquina roupa até 6 Kg	0,8	0,6	0,6	0,5
Máquina roupa até 12 Kg	1,5	1,2	1,2	1
Bacia de retrete (depósito de 6 L)	2	1,8	1,2 a 1,7 **	2
Bacia de retrete (depósito de 7,5 L)	2	1,8	1,4 a 1,8 **	2
Bacia de retrete (depósito de 9 L)	2,5	2	1,6 a 2**	2,5
Ralo de pavimento DN50	0,8	0,9	<sup>3</sup>	0,6
Ralo de pavimento DN70	1,5	0,9	<sup>3</sup>	1
Ralo de pavimento DN100	2	1,2	<sup>3</sup>	1,3
* Por pessoa				
** Depende do modelo do aparelho sanitário				
*** Sem dados disponíveis				

Dando seguimento ao processo de cálculo descrito na norma, com a definição das "unidades de descarga" para cada dispositivo, procede-se à determinação do caudal de águas residuais domésticas pela Equação 4.25.

$$Q_{ww} = K\sqrt{\sum DU} \quad (4.25)$$

Em que:

$Q_{ww}$  - "Waste water flowrate" (l/s) (Caudal de águas residuais domésticas)

K - "Frequency factor" (Fator de frequência)

$\sqrt{\sum DU}$  - "Sum of discharge units" (Somatório das unidades de descarga)

O fator de frequência ( $K$ ) é um valor que depende do tipo de utilização dos aparelhos sanitários, assumindo os valores descritos na Tabela 4.21.

**Tabela 4.21:** Fatores de frequência (Fonte: [3])

Tipo de utilização	K
Uso intermitente (residências, pensões, escritórios)	0,5
Uso frequente (hospitais, escolas, restaurantes, hotéis)	0,7
Uso congestionado (sanitários, e chuveiros públicos)	1,0
Uso especial (laboratórios)	1,2

É importante referir que, tal como acontece na norma EN 806-3 [2], mas diferente do RGSPDADAR [1], a norma EN 12056-2 [3] tem em conta as variadas probabilidades de funcionamento dos dispositivos sanitários em simultâneo, não havendo necessidade de recorrer a métodos ou expressões que o permitam determinar.

No ponto seguinte, a norma ainda dispõe de uma outra equação (Equação 4.26) que surge para a determinação do caudal de cálculo total.

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c + Q_p \quad (4.26)$$

Em que:

$Q_{tot}$  - "*Total flowrate*" (l/s) (Caudal total de cálculo)

$Q_{ww}$  - "*Waste water flowrate*" (l/s) (Caudal de águas residuais domésticas)

$Q_c$  - "*Continuous flowrate*" (l/s) (Caudais contínuos)

$Q_p$  - "*Pumped water flowrate*" (l/s) (Caudais de bombagem)

Por fim, a norma ainda dispõe de uma regra de cálculo, advertindo que a capacidade máxima de caudal admitida pelas condutas ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) terá de ser obrigatoriamente superior ao caudal total de cálculo ( $Q_{tot}$ ) ou ao maior valor de DU dos dispositivos sanitários na secção que se pretenda dimensionar.

### **4.3.3. Dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas**

Determinados os valores de cálculo dos caudais, a norma prossegue para o dimensionamento de cada um dos elementos constituintes da rede de drenagem de águas residuais: ramal de descarga, tubo de queda e coletores prediais.

#### **4.3.3.1. Ramais de descarga**

No que toca a ramais de descarga, a norma EN 12056-2 [3] fornece diâmetros nominais para ramais de descarga ventilados e não ventilados, separadamente, em função da capacidade hidráulica ( $Q_{máx}$ ) para os sistemas I, II, III e IV.

Para além dos diâmetros nominais, a norma europeia também decreta um conjunto de limitações (Tabela 4.22), para os diferentes sistemas, quanto aos traçados dos ramais. Quando não se verificam condições para fazer cumprir tais limitações, será obrigatório a consideração de ramais de ventilação, caso contrário poder-se-á prescindir de ventilação secundária. É de relevante importância referir que tal processo poderá ser contornado pela utilização de diâmetros maiores ou o uso de válvulas de admissão de ar, caso os regulamentos locais e nacionais o permitam.

A norma europeia faz também outra distinção, que incide sobre a atribuição de diâmetros nominais aos quatro diferentes tipos de sistemas. Para os sistemas I, II e IV a norma faculta os diâmetros em função da capacidade hidráulica ( $Q_{máx}$ ), enquanto que para o sistema III os diâmetros são fornecidos individualmente para cada aparelho sanitário. Esta distinção de atribuição de diâmetros para os sistemas I, II e IV e III também se observa aquando da imposição de limitações para a dispensa de ventilação secundária.

##### **4.3.3.1.1. Ramais de descarga não ventilados**

Tal como foi referido na secção anterior, para que se possa prescindir de ventilação secundária, terão de ser cumpridos um conjunto de limitações, a saber:

**Tabela 4.22:** Limitações para ramais de descarga sem ventilação secundária (Fonte: [3])

Limitação	Sistema I	Sistema II	Sistema III
Comprimento máximo de tubagem (L)	4.0m	10.0m	10.0m
Número máximo de mudanças de direção (90°), não incluindo a ligação ao aparelho	3	1	3
Queda máxima (H) com inclinação superior a 45°	1.0m	6.0m (DN>70) 3.0m (DN≤70)	1,0m
Inclinação mínima	1%	1.5%	1%
Se DN <100mm e o ramal de descarga servir uma bacia de retrete, então não poderão ser ligados outros aparelhos mais do que 1,0m acima da ligação a um sistema ventilado.			

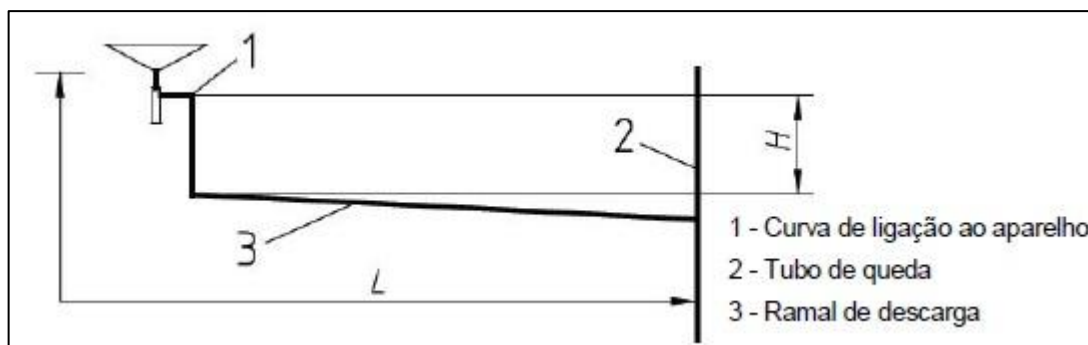
Cumpridas as limitações, então, poder-se-á recorrer à Tabela 4.23 para a determinação dos diâmetros nominais para o sistema I, II e IV.

**Tabela 4.23:** Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga sem ventilação secundária em função da capacidade hidráulica ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) (Fonte: [3])

$Q_{m\acute{a}x}$ (l/s)	Sistema I	Sistema II	Sistema IV
	DN (mm)	DN (mm)	DN (mm)
0,40	*	30	30
0,50	40	40	40
0,80	50	*	*
1,00	60	50	50
1,50	70	60	60
2,00	80 **	70 **	70 **
2,25	90 ***	80 ****	80 ****
2,50	100	100	100
* Não permitido ** Sem bacias de retrete *** Não mais do que duas bacias de retrete e uma mudança de direção inferior a 90° **** Não mais que uma bacia de retrete			

A norma europeia EN 12056-2 [3] dispõe de uma imagem ilustrativa (Figura 4.16) que retrata o esquema de um ramal de descarga sem ventilação secundária para os sistemas I, II e IV.





**Figura 4.16:** Ramal de descarga sem ventilação secundária nos sistemas I, II e IV (Fonte: [3])

Relativamente ao sistema III, as limitações e os diâmetros nominais para ramais de descarga sem ventilação secundária encontram-se representadas na Tabela 4.24.

**Tabela 4.24:** Diâmetros nominais e limitações para cada dispositivo sanitário de um ramal de descarga sem ventilação secundária, relativamente ao sistema III (Fonte: [3])

Aparelho sanitário	Diâmetro DN (mm)	Fecho hídrico min. (mm)	Distância máxima entre sifão e o tubo de queda (m)	Inclinação (%)	Número máximo de curvas	Queda vertical (m)
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	30	75	1,7	2,2 *	0	0
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	30	75	1,1	4,4 *	0	0
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	30	75	0,7	8,7*	0	0
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	40	75	3	1,8 a 4,4	2	0
Banheira, Chuveiro	40	50	Sem limite **	1,8 a 9	Sem limite ****	1,5
Urinol suspenso	40	75	3 ***	1,8 a 9	Sem limite ****	1,5
Urinol de espaldar	60	50	3 ***	1,8 a 9	Sem limite ****	1,5
Pia lava-loiça (DN40)	40	75	Sem limite **	1,8 a 9	Sem limite	1,5
Máquina loiça ou roupa	40	75	3	1,8 a 9	Sem limite	1,5
Bacia de retrete (DN ≤ 80 mm)	75	50	Sem limite	1,8 a 9	Sem limite ****	1,5
Bacia de retrete (DN > 80 mm)	100	50	Sem limite	1,8 a 9	Sem limite ****	1,5

\* Um gradiente mais acentuado é permitido se o tubo for menor que o comprimento máximo permitido  
 \*\* Se o comprimento for superior a 3 m tem de assumir-se um aumento de ruído e de risco de bloqueio da rede  
 \*\*\* Deve assumir o valor mínimo possível para evitar riscos de deposição de sólidos  
 \*\*\*\* Devem evitar-se curvas acentuadas

### 4.3.3.1.2. Ramais de descarga ventilados

O dimensionamento dos ramais de carga ventilados também é efetuado com o auxílio das tabelas fornecidas pela norma europeia EN 12056-2 [3].

Para a determinação dos diâmetros nominais para os sistemas I, II e IV, a norma EN 12056-2 [3] apresenta a Tabela 4.25.

**Tabela 4.25:** Diâmetros nominais (DN) para ramais de descarga com ventilação secundária em função da capacidade hidráulica ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) (Fonte: [3])

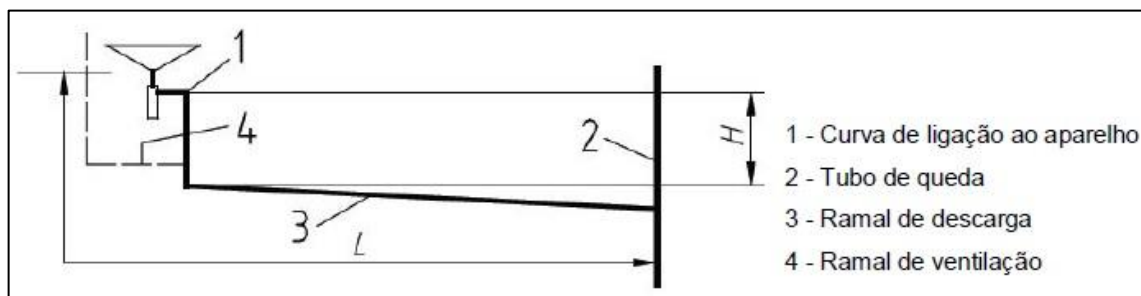
$Q_{m\acute{a}x}$ (l/s)	Sistema I		Sistema II		Sistema IV	
	Ramal de descarga DN (mm)	Ramal de ventilação DN (mm)	Ramal de descarga DN (mm)	Ramal de ventilação DN (mm)	Ramal de descarga DN (mm)	Ramal de ventilação DN (mm)
0.60	*	*	30	30	30	30
0.75	50	40	40	30	40	30
1.50	60	40	50	30	50	30
2.25	70	50	60	30	60	30
3.00	80**	50**	70**	40**	70**	40**
3.40	90**	60**	80****	40****	80****	40****
3.75	100	60	90	50	90	50
* Não permitido; ** Sem bacias de retrete; *** Não mais do que duas bacias de retrete e uma mudança de direção inferior a 90° **** Não mais que uma bacia de retrete.						

Tal como sucede nos ramais de descarga sem ventilação secundária, estes ramais também possuem as suas limitações, que nesta situação surgem para permitir o correto funcionamento do sistema.

**Tabela 4.26:** Limitações para ramais de descarga com ventilação secundária (Fonte: [3])

Limitação	Sistema I	Sistema II	Sistema IV
Comprimento máximo da tubagem (L)	10 m	Sem limite	10 m
Número máximo de mudanças de direção (90°), não incluindo a ligação ao aparelho	Sem limite	Sem limite	Sem limite
Queda vertical máxima (H) com inclinação superior a 45°	3 m	3 m	3 m
Inclinação mínima	0,5%	1,5%	0,5%

A norma europeia EN 12056-2 [3] dispõe de uma imagem ilustrativa (Figura 4.27) que retrata o esquema de um ramal de descarga com ventilação secundária.



**Figura 4.17:** Ramal de descarga com ventilação secundária nos sistemas I, II e IV (Fonte: [3])

Relativamente ao sistema III, as limitações e os diâmetros nominais para ramais de descarga sem ventilação secundária encontram-se representadas na Tabela 4.27.

**Tabela 4.27:** Diâmetros nominais e limitações para cada dispositivo sanitário de um ramal de descarga com ventilação secundária, relativamente ao sistema III (Fonte: [3])

Aparelho sanitário	Diâmetro DN (mm)	Fecho hídrico min. (mm)	Distância máxima entre sifão e o tubo de queda (m)	Inclinação (%)	Número máximo de curvas	Queda vertical (m)
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	30	75	3	1,8	2	3
Lavatório, Bidé (sifão DN30)	40	75	3	1,8	Sem limite	3
Banheira, Chuveiro	40	50	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Urinol suspenso	40	75	3	1,8	Sem limite	3
Urinol de espaldar	60	50	3	1,8	Sem limite	3
Pia lava-loiça (DN40)	40	75	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Máquina loiça ou roupa	40	75	Sem limite	1,8	Sem limite	Sem limite
Bacia de retrete (DN ≤ 80 mm)	75	50	Sem limite	1,8	Sem limite	1,5
Bacia de retrete (DN > 80 mm)	100	50	Sem limite	1,8	Sem limite	1,5
* Um gradiente mais acentuado é permitido se o tubo for menor que o comprimento máximo permitido						
** Se o comprimento for superior a 3 m tem de assumir-se um aumento de ruído e de risco de bloqueio da rede						
*** Deve assumir o valor mínimo possível para evitar riscos de deposição de sólidos						
**** Devem evitar-se curvas acentuadas						

### 4.3.3.2. Tubos de queda

Para o dimensionamento dos tubos de queda a norma EN 12056-2 [3] é breve, apresentando duas tabelas que fornecem os diâmetros nominais para os 4 sistemas em função da capacidade hidráulica ( $Q_{m\acute{a}x}$ ), separando este último em ligações em arestas vivas e ligações suavizadas.

A Tabela 4.28 é relativa a tubos de queda sem ventilação secundária.

**Tabela 4.28:** Diâmetros nominais de tubos de queda sem ventilação secundária em função dos caudais máximos ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) (Fonte: [3])

Tubo de queda DN (mm)	Sistema I, II, III e IV $Q_{m\acute{a}x}$ (l/s)	
	Ligações em aresta viva	Ligações suavizadas
60	0,5	0,7
70	1,5	2
80*	2	2,6
90	2,7	3,5
100**	4	5,2
125	5,8	7,6
150	9,5	12,4
200	16	21

\* Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema II.  
\*\* Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema I, III e IV

A Tabela 4.29 é relativa a tubos de queda com ventilação secundária, ou seja, colunas de ventilação.

**Tabela 4.29:** Diâmetros nominais de tubos de queda com ventilação secundária em função dos caudais máximos ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) (Fonte: [3])

Coluna de Ventilação DN (mm)	Tubo de queda DN (mm)	Sistema I, II, III e IV $Q_{m\acute{a}x}$ (l/s)	
		Ligações em aresta viva	Ligações suavizadas
50	60	0,7	0,9
50	70	2	2,6
50	80 *	2,6	3,4
50	90	3,5	4,6
50	100 **	5,6	7,3
70	125	7,6	10
80	150	12,4	18,3
100	200	21	27,3
* Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema II			
** Diâmetro mínimo quando há ligação das bacias de retrete no sistema I, III e IV			

#### 4.3.3.3. Coletores prediais

No dimensionamento dos coletores prediais, segundo a norma europeia EN 12056-2 [3] deve ser feito com base na expressão de Colebrook-White. Consideram-se duas possibilidades para a taxa de ocupação de secção:  $t_s = 1/2$  e  $t_s = 3/4$ , o que faz corresponder a alturas da água de 50% e 70% do diâmetro interior do tubo. Considerando  $v = 1,31 \times 10^{-6} m^2/s$  e  $k_s = 1,0$  mm, a norma EN 12056-2 [3] apresenta as Tabelas 4.30 e 4.31 onde estão disponibilizados os valores das velocidades de escoamento e caudais máximos ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) em função dos diâmetros nominais e inclinações.

**Tabela 4.30:** Capacidade dos coletores prediais e respectivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de 1/2 do caudal (Fonte: [3])

Pendente mm/m	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v
	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s
5	1,8	0,02	2,8	0,02	5,4	0,04	10	0,05	15,9	0,07	18,9	0,08	34,1	0,11
10	2,5	0,03	4,1	0,03	7,7	0,05	14,2	0,07	22,5	0,10	26,9	0,11	48,3	0,16
15	3,1	0,03	5	0,04	9,4	0,06	17,4	0,09	27,6	0,12	32,9	0,13	59,2	0,20
20	3,5	0,04	5,7	0,05	10,9	0,07	20,1	0,10	31,9	0,14	38,1	0,15	68,4	0,23
25	4	0,04	6,4	0,05	12,2	0,08	22,5	0,11	35,7	0,16	42,6	0,17	76,6	0,26
30	4,4	0,04	7,1	0,06	13,3	0,09	24,7	0,12	38,9	0,17	46,7	0,19	83,9	0,28
35	4,7	0,05	7,6	0,06	14,4	0,10	26,6	0,13	42,3	0,19	50,4	0,20	90,7	0,30
40	5	0,05	8,2	0,07	15,4	0,10	28,5	0,14	45,2	0,20	53,9	0,22	97,9	0,32
45	5,3	0,05	8,7	0,07	16,3	0,11	30,2	0,15	48	0,21	57,2	0,23	103	0,34
50	5,6	0,06	9,1	0,07	17,2	0,11	31,9	0,16	50,6	0,22	60,3	0,24	108	0,36

**Tabela 4.31:** Capacidade dos coletores prediais e respectivas velocidades de escoamento para uma taxa de ocupação de 3/4 do caudal (Fonte: [3])

Pendente mm/m	DN 100		DN 125		DN 150		DN 200		DN 225		DN 250		DN 300	
	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v	Q <sub>máx</sub>	v
	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s
5	2,9	0,03	4,8	0,04	9	0,06	16,7	0,08	26,5	0,12	31,5	0,13	56,8	0,19
10	4,2	0,04	6,8	0,05	12,8	0,09	23,7	0,12	37,6	0,17	44,9	0,18	80,6	0,27
15	5,1	0,05	8,3	0,07	15,7	0,10	29,1	0,15	46,2	0,21	55	0,22	98,8	0,33
20	5,9	0,06	9,6	0,08	18,2	0,12	33,6	0,17	53,3	0,24	63,6	0,25	114,2	0,38
25	6,7	0,07	10,8	0,09	20,3	0,14	47,6	0,19	59,7	0,27	71,1	0,28	127,7	0,43
30	7,3	0,07	11,8	0,09	22,3	0,15	42,2	0,21	65,4	0,29	77,9	0,31	140	0,47
35	7,9	0,08	12,8	0,10	24,1	0,16	44,5	0,22	70,6	0,31	84,2	0,34	151,2	0,50
40	8,4	0,08	13,7	0,11	25,8	0,17	47,6	0,24	75,5	0,34	90	0,36	161,7	0,54
45	8,9	0,09	14,5	0,12	27,3	0,18	50,5	0,25	80,1	0,36	95,5	0,38	171,5	0,57
50	9,4	0,09	15,3	0,12	28,8	0,19	53,3	0,27	84,6	0,38	100,7	0,40	180,8	0,60

(Página em branco)

# **CAPÍTULO V**

## **CASO DE ESTUDO**



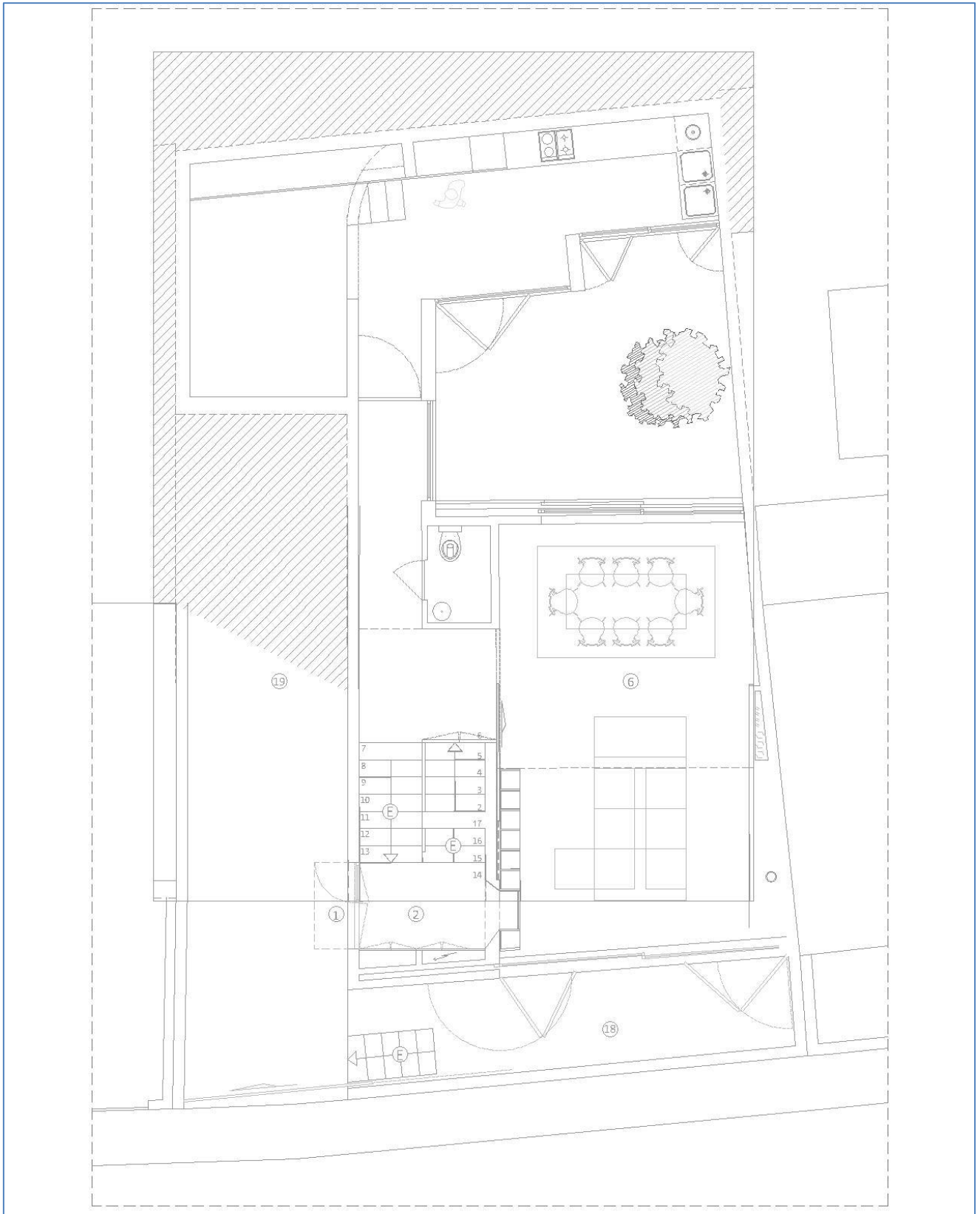
(Página em branco)

## 5.1 Introdução

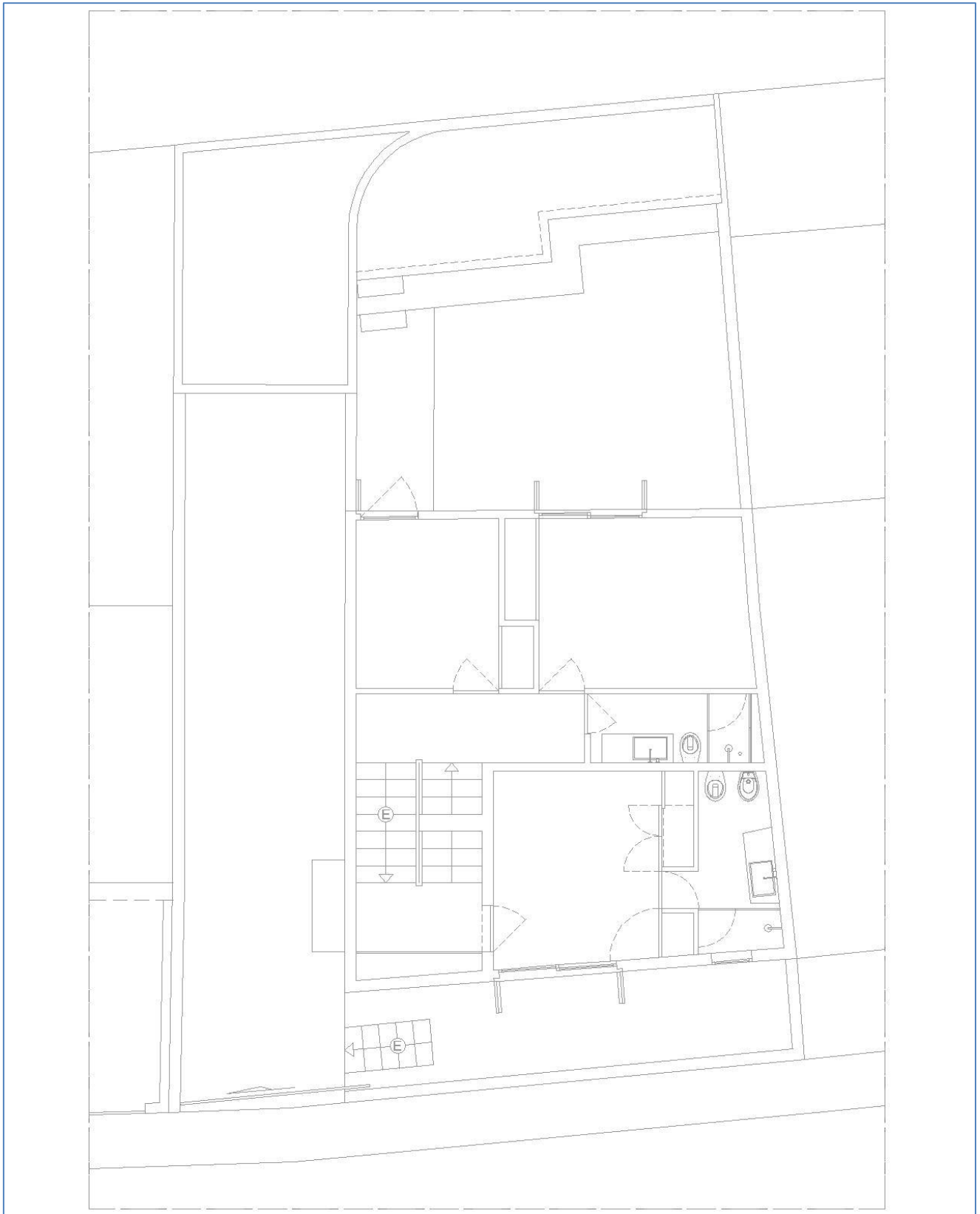
O presente Capítulo tem como finalidade o emprego dos métodos de dimensionamento descritos no Capítulo 4, de modo a que seja possível uma clara e correta comparação entre as normas referidas.

Para o efeito, será usado o projeto de um edifício no qual será estudado e implementado o traçado das redes prediais de abastecimento de água fria e redes prediais de drenagem de águas residuais, abrindo caminho para a realização dos respetivos dimensionamentos. Este procedimento será realizado em separado visto que se tratam de duas redes distintas, e como tal, a rede predial de abastecimento de água fria será dimensionada pelo RGSPDADAR [1] e pela norma EN 806-3 [2] e a rede predial de drenagem de águas residuais será dimensionada pelo RGSPDADAR [1] e pela norma EN 12056-2 [3], culminando numa exposição direta e levantamento das suas divergências, respetivamente.

O edifício em análise é um edifício unifamiliar destinado à habitação. É composto por 4 pisos, nomeadamente uma pequena cave com a finalidade de ser usada para arrumos; um rés-do-chão onde se encontra a sala com acesso a dois terrenos ajardinados distintos, uma casa de banho, a cozinha que possui um acesso a uma zona técnica/lavandaria e uma garagem na parte exterior da habitação; um piso intermédio constituído por duas assoalhadas, uma suíte e uma casa de banho e, por fim, um piso superior composto por uma suíte. Relativamente às zonas exteriores pertencentes à habitação é possível enumerar três casos, um pequeno jardim ao longo de todo o alçado principal com acesso direto para a sala e, perpendicularmente a este, outro acesso para a entrada principal através de uma passagem pedonal/rodoviária; um segundo jardim de média dimensão rodeado pela habitação em três frentes sendo permitido o acesso a este através da sala, da cozinha e de um corredor que une a cozinha à sala; e por fim uma zona pedonal/rodoviária no alçado lateral da habitação que se destina ao estacionamento de carros e também fornece passagem para a entrada principal da habitação.



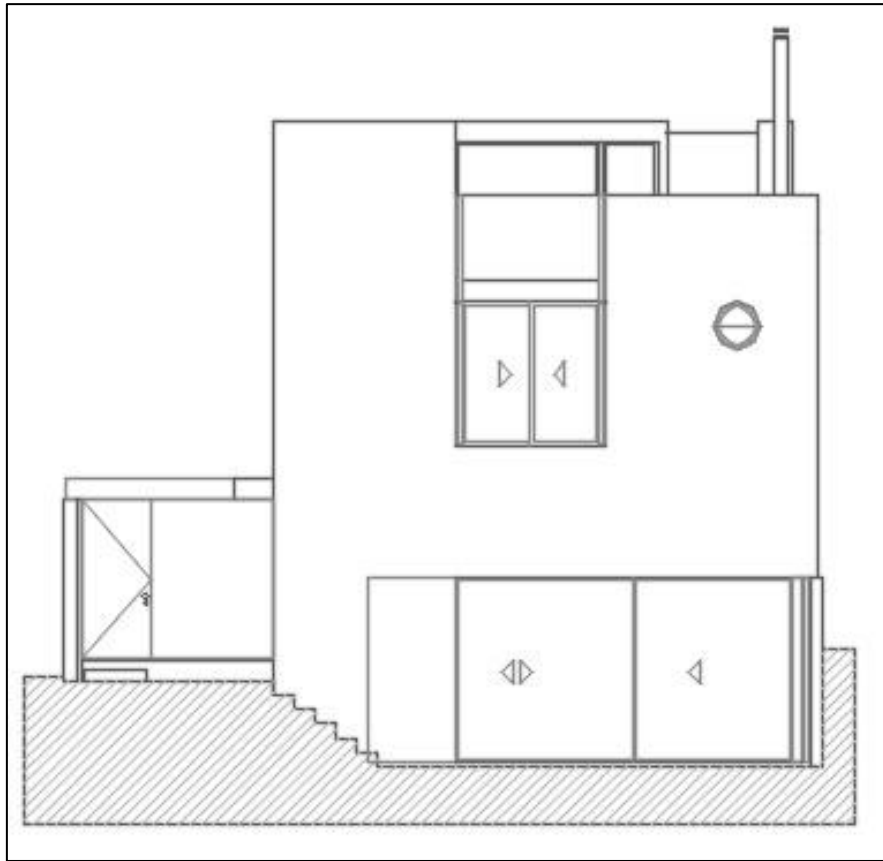
**Figura 5.1:** Planta do rés do chão



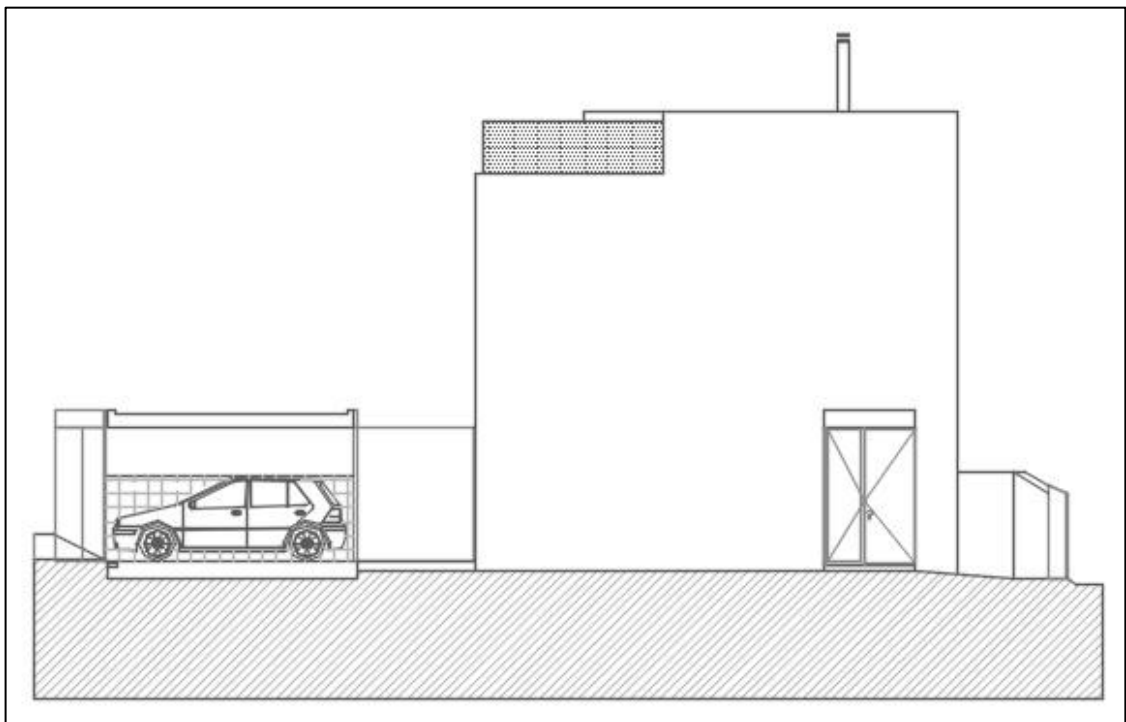
**Figura 5.2:** Planta do 1º piso



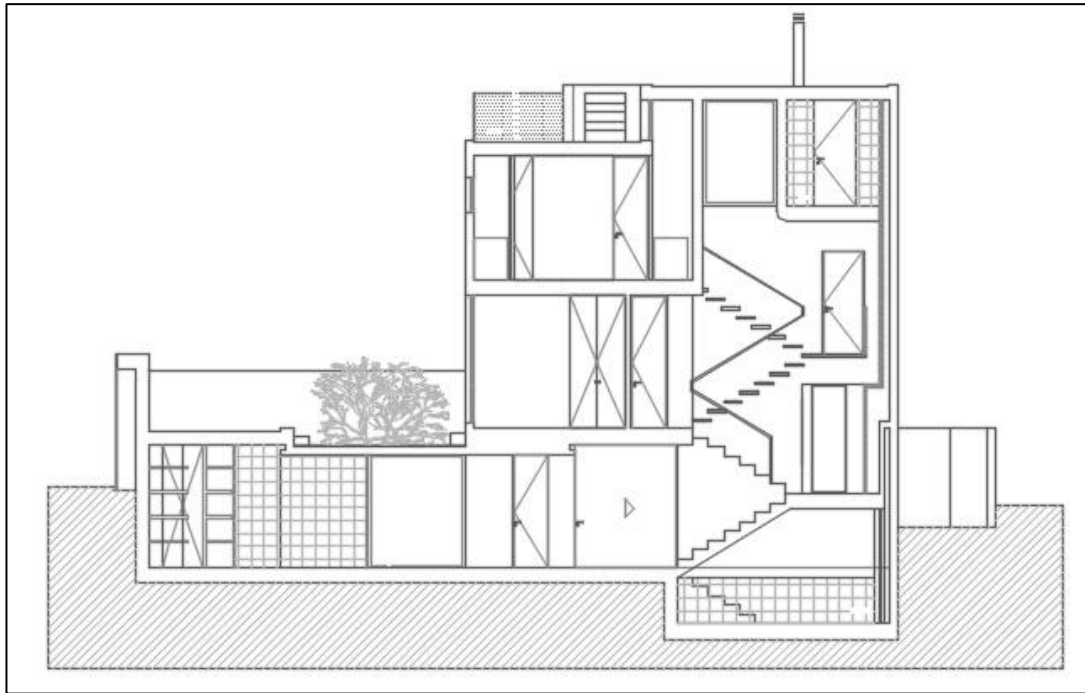
**Figura 5.3:** Planta do 2º piso



**Figura 5.4:** Alçado principal do edifício em análise



**Figura 5.5:** Alçado lateral do edifício em análise



**Figura 5.6:** Corte do edifício em análise

## 5.2. Redes prediais de abastecimento de água fria

Neste Subcapítulo irão ser abordadas as redes prediais de abastecimento de água fria, nomeadamente o traçado e respetivo dimensionamento. Para tal, numa fase prévia, foi necessário definir e estipular um conjunto de determinantes fulcrais ao desenho das redes e posterior dimensionamento, nomeadamente valores de pressão e materiais das condutas. Quanto à escolha do material, optou-se por condutas constituídas por polipropileno (PP) por ser um material no qual é possível obter características favoráveis ao processo de abastecimento de água tais como: boa resistência ao desgaste, baixo custo, elevada resistência química, fácil instalação, fácil moldagem, etc.

Relativamente ao abastecimento propriamente dito, este será efetuado pela rede pública de abastecimento de água e optou-se por usar um tipo de alimentação direta, ou seja, esta mesma rede abastece pessoalmente todo o edifício, não sendo necessário qualquer tipo de elemento sobrepessor, isto é, as condições de pressão são satisfatórias ao longo de toda a rede predial.

Os dispositivos, presentes no edifício, relevantes para o dimensionamento da rede predial de abastecimento de água fria são os seguintes:

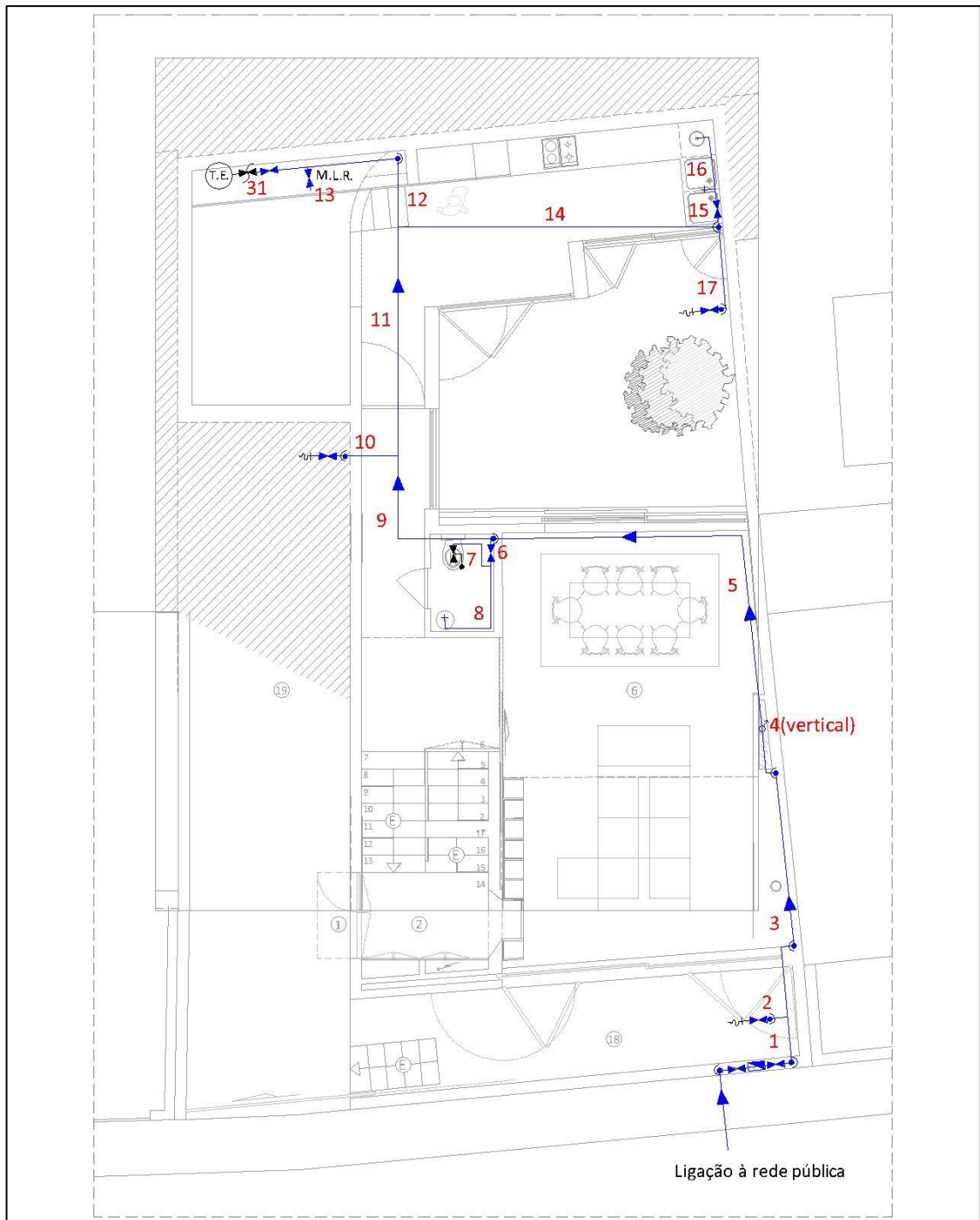
**Tabela 5. 1:** Dispositivos relevantes para o dimensionamento da rede predial de abastecimento de água fria

<b>Dispositivos</b>	<b>R/C</b>	<b>1º Piso</b>	<b>2º Piso</b>
Autoclismo de bacia de retrete	1	2	1
Banheira		2	1
Bidé		1	
Bocas de rega	3		
Lavatório individual	1	2	1
Máquina de lavar a roupa	1		
Máquina de lavar louça	1		
Pia lava-louça	1		
Termoacumulador elétrico	1		

### 5.2.1. Traçado

Na realização do traçado das redes prediais de abastecimento de água fria foram cumpridos os critérios exigidos pelo RGSPDADAR [1] e descritos no ponto 3.1.1.3 da presente dissertação. Na Figura 5.7 é possível observar a planta do rés do chão com a respetiva rede de abastecimento de tonalidade azul. O restante traçado dos pisos um e dois encontra-se em anexo.





**Figura 5.7:** Planta do rés do chão e respetiva representação da rede de abastecimento de água fria do edifício em estudo para a presente dissertação

Tendo por base a interpretação da Figura 5.7, a rede predial de abastecimento de água fria tem o seu início numa ligação à rede pública de abastecimento de água, faz a passagem para o interior do terreno da habitação através da alimentação de um contador localizado no muro que delimita o terreno pertencente à habitação e à via pública, atravessa a zona ajardinada e

alcança a habitação. Este percurso descrito encontra-se enterrado. Logo após a passagem da canalização pelos limites da habitação, esta ascende através da parede para o teto falso, mantendo este percurso ao longo de todo o processo de abastecimento, fazendo apenas descidas no trajeto para o abastecimento de aparelhos. Paralelamente, é importante mencionar que durante a análise do projeto de arquitetura se constatou que o edifício ainda não possuía tetos falsos, imperfeição esta devida ao facto de ainda não terem sido contempladas as alterações decorrentes da passagem da fase de anteprojecto para projecto de execução e como tal, o edifício terá tetos falsos em todos os pisos, apesar de não estarem demonstrados.

Para o abastecimento dos dois pisos superiores, recorreu-se à instalação de tubagens verticais na corete localizada junto da sala de estar, nomeadamente os troços número 4 e 18.

Todo o traçado da rede foi desenhado para que tenha o trajeto mais curto possível, para que haja uma melhoria económica e uma redução de perdas de cargas.

### **5.2.2. Dimensionamento**

Neste subcapítulo serão postos em prática os métodos de dimensionamento descritos nos pontos 4.1.1.1. e 4.2. deste documento, ou seja, o dimensionamento pelo RGSPDADAR [1] e pela norma EN 806 [2], respetivamente.

Relativamente ao dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água fria pelo RGSPDADAR [1], as considerações que se tiveram, inicialmente, são as seguintes:

- Os caudais instantâneos foram obtidos pela consulta da Tabela 4.2 desta dissertação;
- Os caudais acumulados foram calculados a partir da Equação 4.1 presente nesta dissertação;
- Os caudais de cálculo foram calculados através de expressões analíticas deduzidas a partir do estudo da Figura 4.2 pelo que se pode constatar que este cálculo será feito para níveis de conforto médio/normal
- O cálculo dos diâmetros de cálculo foi feito a partir da Equação 4.5, sendo que a velocidade será arbitrada para um valor de 1,5 m/s;
- Para a determinação dos diâmetros internos e nominais foi consultado um catálogo de um fornecedor de materiais para abastecimento de água nomeadamente o "Coprax" e os tubos serão do modelo "PN20" [28];

- Para o cálculo das perdas de carga contínuas foi usada a Equação 4.9 deste manuscrito com um valor do fator de rugosidade de 0,000134, relativo a materiais plásticos, presente na Tabela 4.5, e também presente neste manuscrito;

Relativamente ao dimensionamento pela norma EN 806 [2] as considerações que se tiveram inicialmente são as seguintes:

- Os valores dos caudais acumulados e mínimos foram retirados a partir da consulta da Tabela 4.18 deste manuscrito. Estes caudais foram obtidos exclusivamente para a comparação com os caudais obtidos pelo RGSPDADAR [1] visto não serem necessários para a obtenção dos diâmetros dos troços de abastecimento de água;
- Os caudais de cálculo foram obtidos pela consulta da Figura 4.15, exclusivamente para a comparação com os caudais de cálculo obtidos pelo RGSPDADAR [1] visto não serem necessários para a obtenção dos diâmetros dos troços de abastecimento de água;
- Os valores das "unidades de carga" (LU) foram obtidos a partir da observação da Tabela 4.18;
- Os valores dos diâmetros internos e externos foram obtidos pela análise da Tabela 4.19 em função das "unidades de carga" (LU);
- Igualmente ao sucedido para o RGSPDADAR [1], os valores dos diâmetros nominais foram obtidos a partir da consulta de um catálogo de um fornecedor de materiais para abastecimento de água nomeadamente o "Coprax" e os tubos serão do modelo "PN20".

Na Tabela 5.2 é possível observar o cálculo dos caudais, diâmetros, velocidades e perdas de carga, para o RGSPDADAR [1] conforme descrito neste subcapítulo.

**Tabela 5.2:** Valores de dimensionamento da rede de abastecimento de água para o RGSPDADAR

RGSPDADAR									
Troço	L (m)	Qac (l/s)	Qcal (l/s)	Øcalc (mm)	Øint (mm)	DN (mm)	V (m/s)	J (m/m)	ΔH (m.c.a)
1	3,44	4,9	1,23	32,27	33,2	50	1,42	0,070	0,287
2	0,67	0,3	0,29	15,82	16,6	25	1,36	0,155	0,123
3	5,42	4,6	1,18	31,72	33,2	50	1,37	0,066	0,427
4	1,51	1,45	0,66	23,71	26,6	40	1,19	0,068	0,123
5	7,70	3,15	0,99	28,94	33,2	50	1,14	0,048	0,439
6	1,47	0,2	0,20	13,03	13,2	20	1,46	0,233	0,412
7	0,87	0,1	0,10	9,22	10,6	16	1,13	0,196	0,204
8	2,56	0,1	0,10	9,22	10,6	16	1,13	0,196	0,602
9	3,09	2,95	0,95	28,46	33,2	50	1,10	0,045	0,166
10	1,37	0,3	0,29	15,82	16,6	25	1,36	0,155	0,255
11	3,98	2,65	0,90	27,68	33,2	50	1,04	0,041	0,194
12	2,78	2	0,78	25,75	26,6	40	1,41	0,091	0,302
13	0,42	0,2	0,20	13,03	13,2	20	1,46	0,233	0,117
14	5,59	0,65	0,44	19,29	21,2	32	1,24	0,097	0,650
15	0,67	0,35	0,35	17,24	21,2	32	0,99	0,065	0,052
16	0,90	0,15	0,15	11,29	13,2	20	1,10	0,141	0,152
17	1,42	0,3	0,29	15,82	16,6	25	1,36	0,155	0,263
18	2,63	0,45	0,36	17,56	21,2	32	1,03	0,070	0,219
19	0,65	1	0,55	21,55	26,6	40	0,98	0,049	0,038
20	0,52	0,45	0,36	17,56	21,2	32	1,03	0,070	0,043
21	0,67	0,2	0,20	13,03	13,2	20	1,46	0,233	0,188
22	0,69	0,1	0,10	9,22	10,6	16	1,13	0,196	0,163
23	0,29	0,55	0,40	18,48	21,2	32	1,14	0,083	0,029
24	0,20	0,2	0,20	13,03	13,2	20	1,46	0,233	0,055
25	0,59	0,1	0,10	9,22	10,6	16	1,13	0,196	0,139
26	1,79	0,35	0,35	17,24	21,2	32	0,99	0,065	0,141
27	0,92	0,25	0,25	14,57	16,6	25	1,16	0,116	0,128
28	0,45	0,35	0,35	17,24	21,2	32	0,99	0,065	0,035
29	1,29	0,25	0,25	14,57	16,6	25	1,16	0,116	0,179
30	1,78	0,1	0,10	9,22	10,6	16	1,13	0,196	0,419
31	1,32	1,8	0,74	25,06	26,6	40	1,33	0,082	0,130
ΔH (ponto mais desfavorável) =									1,271

Relativamente à verificação das velocidades, estas registaram valores entre os 0,5 e os 2 m/s estando em concordância com os requisitos estabelecidos pelo RGSPDADAR [1].

No que toca à verificação das pressões:

- Foi usada a Equação 4.12 para a obtenção das perdas de carga totais para cada troço;
- Para a obtenção das perdas de carga totais correspondentes ao percurso da rede que conduz a perdas de carga mais elevadas, realizou-se o somatório das perdas de carga dos troços que fazem parte do ramo que vão desde o contador até ao ponto mais desfavorável;
- Para a obtenção do valor da distância entre a rede pública e o ponto mais afastado desta ( $Z_n$ ), ou seja, o ponto com maior perda de pressão no edifício, foi feita a medição direta no desenho do projeto, tendo sido registado um valor de 8,073 m;
- Relativamente à pressão disponível na rede pública de distribuição, mais propriamente na zona do contador, foi admitida uma pressão de 22 m.c.a.;
- Com a determinação das variáveis anteriormente descritas, foi possível calcular a pressão no ponto mais desfavorável a partir da Equação 4.13.

Na Tabela 5.3 é possível analisar a verificação da pressão no ponto mais desfavorável.

**Tabela 5.3:** Verificação das condições de pressão para o RGSPDADAR

$\Delta H$ (m.c.a.)	Pressão admitida no contador (m.c.a.)	Distância até ao pon- to mais desfavorável ( $Z_n$ ) (m)	Pressão verificada no ponto mais desfavorável (m.c.a.)
1,271	22	8,073	12,66 (126,6 kPa)

A pressão no elemento mais desfavorável tem o valor de 126,6 kPa, estando dentro dos limites admitidos pelo RGSPDADAR [1], nomeadamente entre 50 e 600 kPa e, como tal, é possível admitir que os valores de dimensionamento cumprem todos os requisitos necessários ao correto abastecimento de água no edifício.

Na Tabela 5.4 é possível observar o cálculo dos caudais, “unidades de carga”(LU), diâmetros, para a norma EN806 [2] conforme descrito neste subcapítulo.

**Tabela 5.4:** Valores de dimensionamento da rede de abastecimento de água para a norma EN 806-3

EN 806-3								
Troço	SQmin (l/s)	SQa (l/s)	Qcalc (l/s)	$\Sigma$ LU	L (m)	Dint (mm)	Dext (mm)	DN (mm)
1	5,3	6,5	1,1	65	3,44	31	40	32
2	0,4	0,5	0,5	5	0,67	15,4	20	16
3	4,9	6	1,05	60	5,42	31	40	32
4	1,6	1,9	0,69	19	1,51	19,4	25	20
5	3,3	4,1	0,93	41	7,70	24,8	32	25
6	0,2	0,2	0,15	2	1,47	12	16	16
7	0,1	0,1	0,1	1	0,87	12	16	16
8	0,1	0,1	0,1	1	2,5568	12	16	16
9	3,1	3,9	0,9	39	3,092	24,8	32	25
10	0,4	0,5	0,5	5	1,3746	15,4	20	16
11	2,7	3,4	0,8	34	3,982	24,8	32	25
12	2	2,5	0,73	25	2,779	24,8	32	25
13	0,15	0,2	0,2	2	0,4195	12	16	16
14	0,7	0,9	0,6	9	5,5873	15,4	20	16
15	0,3	0,4	0,27	4	0,665	12	16	16
16	0,15	0,2	0,2	2	0,9014	12	16	16
17	0,4	0,5	0,5	5	1,4185	15,4	20	16
18	0,5	0,6	0,46	6	2,6258	15,4	20	16
19	1,1	1,3	0,58	13	0,6481	19,4	25	20
20	0,5	0,6	0,46	6	0,5172	15,4	20	16
21	0,2	0,2	0,15	2	0,6724	12	16	16
22	0,1	0,1	0,1	1	0,6938	12	16	16
23	0,6	0,7	0,48	7	0,2878	15,4	20	16
24	0,2	0,2	0,15	2	0,1967	12	16	16
25	0,1	0,1	0,1	1	0,5892	12	16	16
26	0,4	0,5	0,42	5	1,7937	12	16	16
27	0,3	0,4	0,4	4	0,9183	12	16	16
28	0,4	0,5	0,42	5	0,4516	12	16	16
29	0,3	0,4	0,4	4	1,2869	12	16	16
30	0,1	0,1	0,1	1	1,7784	12	16	16
31	1,85	2,3	0,7	23	1,3168	24,8	32	25

A norma EN 806 [2] fornece um método simplificado para o cálculo do dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água que não faz qualquer tipo de verificação final.

### **5.3. Redes prediais de drenagem de águas residuais**

Tal como sucedeu nas redes prediais de abastecimento de água fria, também nas redes prediais de drenagem de águas residuais foi necessário, previamente, estipular pontos base determinantes no traçado e dimensionamento da rede.

Primariamente, procedeu-se ao estudo do projeto, no qual foi detetado que seria possível confluir todo o escoamento num ponto comum ao nível do arruamento e a partir deste para um coletor público, e como tal, de acordo com o ponto 3.1.2.2. desta dissertação é possível classificar este sistema como um sistema de drenagem gravítica, pois toda a recolha de águas residuais domésticas se processa apenas por ação gravítica. Estando o sistema classificado como gravítico, é descartado o recurso a meios mecânicos de elevação de água o que simplifica o traçado da rede.

Relativamente ao material constituinte das condutas, optou-se por usar o PVC-U visto ser um material conhecido pela sua facilidade de instalação em obra, o baixo custo, a baixa rugosidade e a sua leveza e, como tal, é o material mais utilizado na construção de redes de drenagem a nível global [7].

#### **5.3.1. Traçado**

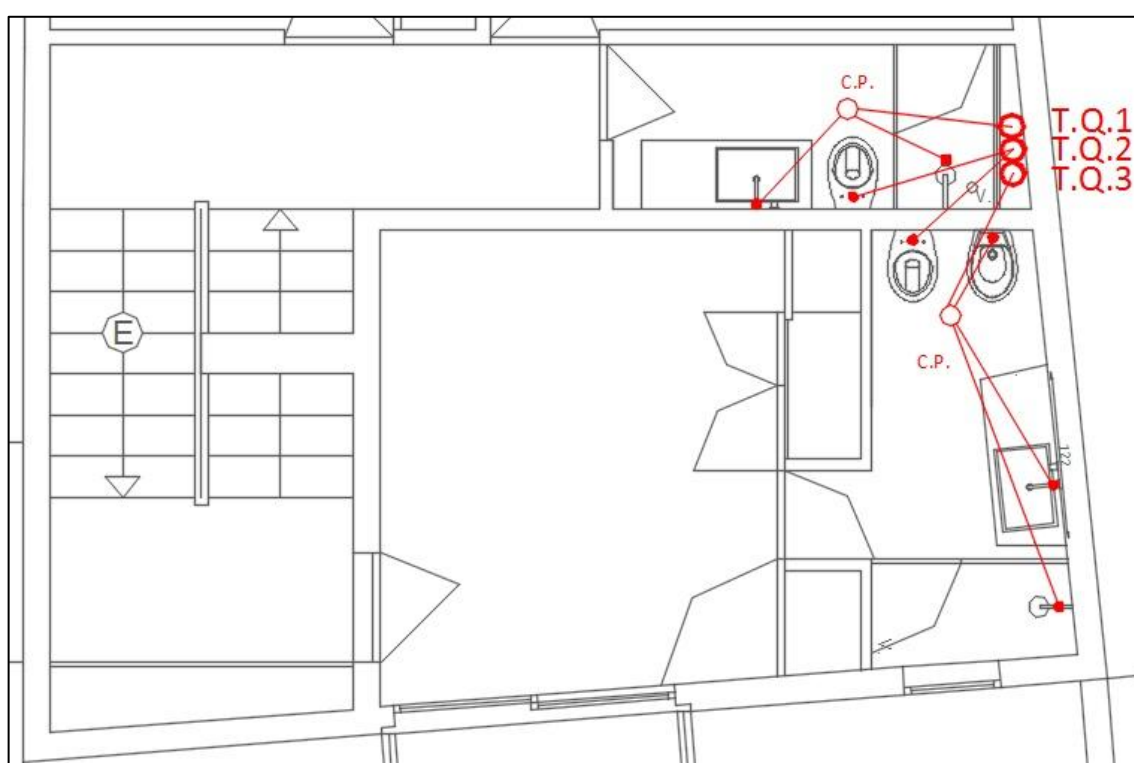
Na realização do traçado das redes prediais de drenagem de águas residuais foram cumpridos os critérios exigidos pelo RGSPDADAR [1] e descritos no ponto 3.1.2.3 da presente dissertação. O traçado das redes encontra-se desenhado numa tonalidade vermelha.

Com a conclusão do traçado das redes de drenagem, foram encontradas três particularidades de relevância maior com necessidade de destaque.

O primeiro aspeto ter em conta é o recurso a três tubos de queda, sendo que dois destes, são destinados à aglutinação de águas saponáceas e o outro destinado a aglomerar as águas negras. O motivo do uso de um tubo de queda adicional para águas saponáceas prende-se com o facto de ser impossível conceber um correto traçado sem que se viole uma regra exigida

pelo RGSPDADAR [1], nomeadamente o cruzamento de ramais de descarga que têm a função de transportar as águas provenientes dos aparelhos sanitários para o tubo de queda.

Como tal, chegou-se à conclusão que a solução mais viável seria o recurso a um tubo de queda, destinada a águas saponáceas, por casa de banho. Os 3 tubos de queda são prolongados acima da cobertura, garantindo assim a ventilação da rede de drenagem, não havendo necessidade de recorrer a sistemas de ventilação secundária. Na Figura 5.8 é possível observar a situação descrita.

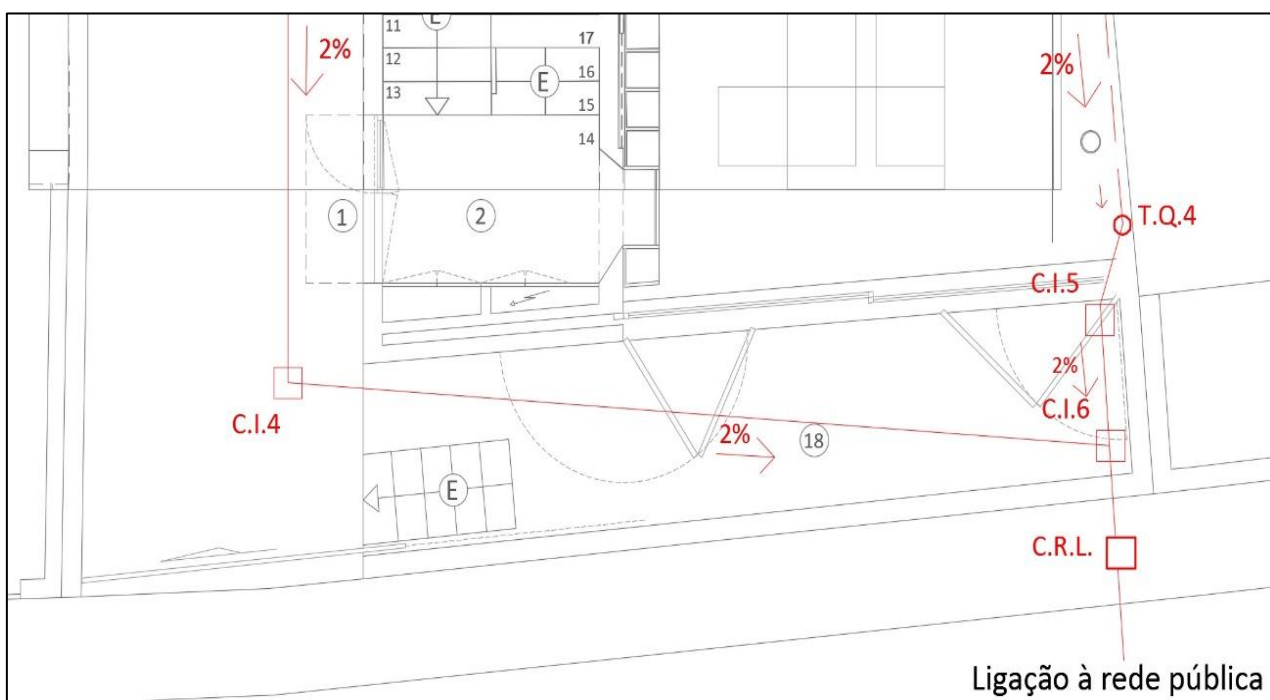


**Figura 5.8:** Traçado das redes prediais de drenagem de águas residuais no 1º piso do edifício em estudo para a presente dissertação

De modo a simplificar o projeto e tendo em conta aspetos de natureza económica e regulamentar, foi decidido que a câmara de ramal de ligação ficaria localizada a uma cota superior à cota do coletor público de drenagem de águas residuais. Sendo que a câmara de ramal de ligação é a etapa final de confluência de todo o escoamento do mesmo edifício, é facilmente perceptível que todos os elementos constituintes, em ordem reversa, da rede predial de drenagem de águas residuais se situam a uma cota superior relativamente à mesma. Na Figura 5.9 é pos-



sível observar o posicionamento das caixas de inspeção e da ligação da rede de drenagem à rede pública.



**Figura 5.9:** Pormenor da rede predial de drenagem de águas residuais com ligação à rede pública

Por fim, o objeto de estudo será um dispositivo localizado na rede de drenagem do rés-do-chão denominado "boca de limpeza". Como se pode observar na Figura 5.10 foi necessário o recurso a uma boca de limpeza, pois o tubo de queda apresenta uma mudança de direção, fazendo cumprir o Artigo 235º do RGSPDADAR [1]. A razão por se ter mudado de direção adveio do facto de se pretender que a câmara de inspeção (obrigatória para todos os tubos de queda) fosse colocada na parte exterior do edifício e, para tal, colocou-se um quarto tubo de queda no limite interior do edifício, tornando então possível a ligação direta do tubo de queda à respetiva câmara de inspeção. A linha tracejada vermelha representa o troço da rede de drenagem, neste caso o tubo de queda, que se encontra suspenso ao longo do interior da parede em sentido descendente.



**Figura 5.10:** Pormenor da rede de drenagem de águas residuais do rés-do-chão do edifício em estudo para a presente dissertação

### 5.3.2. Dimensionamento

Neste Capítulo serão postos em prática os métodos de dimensionamento descritos nos pontos 4.1.2.1. e 4.3 deste documento, ou seja, o dimensionamento pelo RGSPDADAR [1] e pela norma EN 12056 [3], respetivamente.

Numa etapa prévia ao dimensionamento, torna-se necessário considerar determinados elementos base:

- Todos os aparelhos sanitários dispõem de sifões individuais com fecho hídrico de 50mm;
- O sistema considerado na EN12056-2 [3] foi o sistema IV, especificado no ponto 4.3.1. deste documento, ou seja, um sistema que faz a separação entre águas negras e águas saponáceas, estando em concordância com o traçado da rede de drenagem do projeto em estudo;

- Todos os elementos constituintes da rede serão executados em PVC -U, nomeadamente os ramais de descarga, tubos de queda e coletores prediais;
- Os ramais de descarga serão instalados com inclinação de 20 mm/m;
- Os coletores prediais serão instalados com inclinação de 20 mm/m;
- Os caudais instantâneos ou de descarga individuais a usar no dimensionamento são os descritos nas Tabelas 4.10 e 4.20 da presente dissertação para o RGSPDADAR [1] e para a norma EN 12056 [3], respetivamente;
- Os caudais de cálculo relativos ao RGSPDADAR [1] serão obtidos recorrendo à expressão  $Q_c = 73497xQ_a^{0,5352}$ , deduzida a partir da Figura 4.9 deste documento;
- Os caudais totais de cálculo relativos à norma EN 12056 [3] serão calculados através do recurso à Equação 26 deste manuscrito.

Devido à diferença de unidades de medida entre o RGSPDADAR [1] e para a norma EN 12056 [3], irá ser feita a conversão dos caudais do RGSPDADAR [1] de l/min para l/s, para cada elemento constituinte da rede de drenagem sujeita a dimensionamento, para que seja facilitada a comparação entre as duas normas. É possível verificar pela observação da Tabela 5.5 que os valores apresentados para os caudais de descarga pelo regulamento português são superiores aos caudais da norma europeia EN 12056 [3], com exceção dos caudais relativos a bacias de retrete. Apesar da diferença entre caudais para o RGSPDADAR [1] e a norma europeia EN 12056 [3] ser pequena, este fator poderá vir a ter um grande impacto nos valores dos diâmetros.

**Tabela 5.5:** Caudais de descarga e unidades de descarga em função dos aparelhos sanitários

Aparelho	RGSPDADAR	EN 12056
	Caudais de descarga (l/s)	Unidades de descarga (l/s)
Bacia de retrete (Br)	1,5	2
Banheira (Ba)	1	0,5
Bidé (Bd)	0,5	0,3
Lavatório (Lv)	0,5	0,3
Máquina de lavar louça (Ml)	1	0,5
Máquina de lavar roupa (Mr)	1	0,5
Pia de lavar louça (Ll)	0,5	0,5

Para a determinação dos diâmetros nominais será consultado um catálogo de um fornecedor de materiais para drenagem de águas residuais, nomeadamente o "Politejo" e os tubos serão do modelo "Polidrom com boca SB" [29].

### **5.3.2.1. Dimensionamento dos ramais de descarga**

No que toca ao dimensionamento dos ramais de descarga, atendeu-se a determinados pontos prévios a respeito de cada norma.

Relativamente ao RGSPDADAR [1]:

- Os ramais de descarga individuais e não individuais serão dimensionados para um escoamento a meia secção;
- Foram tidos em consideração os diâmetros mínimos dos ramais de descarga presentes na Tabela 4.11 do presente manuscrito.

Relativamente à norma EN 12056 [3]:

- Os diâmetros nominais serão obtidos com recurso à Tabela 4.23 deste documento, referentes a ramais de descarga não ventilados, pois são cumpridas as limitações observáveis na Tabela 4.22, também presente neste documento, para que seja possível descartar o uso de ventilação secundária.

#### **5.3.2.1.1. Dimensionamento dos ramais de descarga individuais**

Para a obtenção dos valores dos diâmetros dos ramais de descarga individuais, através do RGSPDADAR [1], recorreu-se à Tabela 4.11 do presente documento e para a obtenção dos diâmetros através da norma EN 12056 [3] recorreu-se à Tabela 4.23, também deste documento, em função das unidades de descarga de cada aparelho sanitário visíveis na Tabela 5.5.

**Tabela 5.6:** Diâmetros nominais dos ramais de descarga individuais (mm)

Aparelho	RGSPDADAR	EN 12056
Bacia de retrete	90	80
Banheira	40	40
Bidé	40	30
Lavatório	40	30
Máquina de lavar louça	50	40
Máquina de lavar roupa	50	40
Pia de lavar louça	50	40

### 5.3.2.1.2. Dimensionamento dos ramais de descarga não individuais

Com a análise do traçado da rede de drenagem de águas residuais, denotou-se a existência de 6 ramais de descarga não individuais. Nos pisos 1 e 2 resultam da ligação das caixas de pavimentos até aos tubos de queda respetivos, e no rés-do-chão da ligação das caixas de pavimento até às caixas de vista.

Para o dimensionamento destes troços foi usada a Equação 4.19 deste documento, relativamente ao RGSPDADAR [1] e quanto ao dimensionamento pela norma EN 12056 [3] recorreu-se à Tabela 4.23 deste documento.

Na Tabela 5.7 é possível observar os valores de dimensionamento dos ramais de descarga não individuais, para as duas normas.

**Tabela 5.7:** Valores de dimensionamento dos ramais de descarga não individuais, para as duas normas

Aparelho sanitário	RGSPDADAR					EN 12056		
	Qa (l/min)	Qcalc (l/min)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro int (mm)	DN (mm)	Qa (l/s)	Qtotal (l/s)	DN (mm)
Ba + Lv	90	90	20	60,63	75	0,8	0,45	40
Lv + Ba + Bd	120	95,29	20	61,94	75	1,1	0,52	50
Ml + Ll	90	90	20	60,63	75	1	0,50	40
Mr	60	60	20	52,08	75	0,5	0,35	30
Lv	30	30	20	40,16	50	0,3	0,27	30

Na Tabela 5.8 são apresentados os valores dos caudais acumulados e de cálculo em l/s para uma simplificada comparação entre as duas normas.

**Tabela 5.8:** Caudais acumulados e caudais de cálculo dos ramais de descarga não individuais para as duas normas

	RGSPPDADAR		EN 12056	
	Qa (l/s)	Qcalc (l/s)	Qa (l/s)	Qtotal (l/s)
Ba + Lv	1,5	1,5	0,8	0,45
Lv + Ba + Bd	2	1,59	1,1	0,52
Ml + Ll	1,5	1,5	1	0,5
Mr	1	1,0	0,5	0,35
Lv	0,5	0,5	0,3	0,27

Pela observação da tabela 5.8 é possível verificar que os caudais de cálculo, relativos a ramais de descarga não individuais, obtidos através do método preconizado pelo RGSPPDADAR [1] são maiores do que os caudais de cálculo obtidos através da aplicação do método simplificado preconizado pela norma europeia EN 12056 [3]. Esta diferença entre valores deve-se essencialmente à diferença de valores de caudais de descarga para as duas normas e também devido à ao método de cálculo.

### 5.3.2.2. Dimensionamento dos tubos de queda

No dimensionamento dos tubos de queda pelo RGSPPDADAR [1], recorreu-se à Equação 4.21 deste documento, tendo sido arbitrada inicialmente uma taxa de ocupação de 1/5, visto que não foram usados sistemas de ventilação secundária. Relativamente aos diâmetros mínimos a ter em conta para este dimensionamento, estes terão de possuir um valor maior ou igual ao maior dos diâmetros dos ramais a eles ligados, com um mínimo de 50 mm. Assim, o valor adotado para os tubos de queda 1 e 3 será de 75 mm, pois corresponde ao valor dos ramais de descarga não individuais que confluem para estes. Para o tubo de queda 4, o valor mínimo será de 110 mm, pois corresponde ao valor mínimo admissível para o coletor predial que o antecede.

Na Tabela 5.9 são apresentados os valores de dimensionamento dos tubos de queda para o caudais RGSPDADAR [1].

**Tabela 5.9:** Valores de dimensionamento dos tubos de queda para o RGSPDADAR [1]

<b>RGSPDADAR</b>							
Tubo de queda	Aparelho sanitário	Qac (l/min)	Qcalc (l/min)	Taxa Ocupação	Diâmetro int (mm)	DN (mm)	Dmin (mm)
1	2Ba +2 Lv	180	118,38	1/5	72,41	75	75
2	3Br	270	147,07	1/5	78,55	90	75
3	Ba + Lv + Bd	120	95,29	1/5	66,75	75	75
4	T.Q. 1,2,3	570	219,39	1/5	91,26	110	100

Para fazer a verificação da taxa de ocupação de 1/5 foi usada a Equação 4.20.

Na Tabela 5.10 é apresentada a verificação da taxa de ocupação dos tubos de queda.

**Tabela 5.10:** Verificação da taxa de ocupação dos tubos de queda

<b>Verificação</b>			
181,03	≥	118,38	OK
196,38	≥	147,07	OK
166,88	≥	95,29	OK
228,15	≥	219,39	OK

Para o dimensionamento dos tubos de queda pela norma EN 12056 [3], foi utilizada a Tabela 4.28. O tipo de ligação escolhido foi a ligação suave, ou seja, as ligações do tubo de queda aos ramais de descarga fazem-se com ângulos igual ou inferiores a 45°.

Na Tabela 5.11 são apresentados os valores de dimensionamento dos tubos de queda para a norma EN 12056 [3].

**Tabela 5.11:** Valores de dimensionamento dos tubos de queda para a norma EN 12056 [3]

<b>EN 12056</b>				
Tubo de queda	Aparelho sanitário	Qac (l/s)	Qtotal (l/s)	DN (mm)
1	2Ba + 2Lv	1,6	0,63	60
2	3Br	6	1,22	70
3	Ba + Lv + Bd	1,1	0,52	60
4	T.Q. 1,2,3	8,7	1,47	100

Tal como acontece para as redes dimensionadas pelo RGSPDADAR [1], para o tubo de queda 4, o valor mínimo será de 100 mm, pois corresponde ao valor mínimo admissível para o coletor predial que o antecede.

Na Tabela 5.12 são apresentados os valores dos caudais acumulados e de cálculo em l/s para uma simplificada comparação entre as duas normas:

**Tabela 5.12:** Caudais acumulados e caudais de cálculo dos tubos de queda para as duas normas

		<b>RGSPDADAR</b>		<b>EN 12056</b>	
Tubo de queda	Aparelho sanitário	Qac (l/s)	Qcalc (l/s)	Qac (l/s)	Qtotal (l/s)
1	2Ba + 2Lv	3	1,97	1,6	0,63
2	3Br	4,5	2,45	6	1,22
3	Ba + Lv + Bd	2	1,59	1,1	0,52
4	T.Q. 1,2,3	9,5	3,66	8,7	1,47

Pela observação da tabela 5.12 é possível verificar que os caudais de cálculo, relativos a tubos de queda, obtidos através do método preconizado pelo RGSPDADAR [1] são maiores do que os caudais de cálculo obtidos através da aplicação do método simplificado preconizado pela norma europeia EN 12056 [3]. Esta diferença entre valores deve-se essencialmente à diferença de valores de caudais de descarga para as duas normas e também devido à ao método de cálculo.



### 5.3.2.3. Dimensionamento dos coletores prediais

Tal como ocorreu nos ramais de descarga não individuais, para o dimensionamento dos coletores prediais foi usada a Equação 4.19 deste documento relativamente ao RGSPDADAR [1].

Na Tabela 5.13 são apresentados os valores de dimensionamento para os coletores prediais para o RGSPDADAR [1].

**Tabela 5.13:** Valores de dimensionamento para os coletores prediais para o RGSPDADAR [1]

RGSPDADAR							
Coletores prediais	Proveniência das descargas	Qac (l/min)	Qcalc (l/min)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro int (mm)	DN (mm)	Dmin
CI1-CI2	MI + LI	90	90	20	60,63	75	100
CI2-CI3	MI + LI + Mr	150	107,38	20	64,78	75	100
CI3-CI4	CI3 + Br + Lv	270	147,07	20	72,89	75	100
CI4-CI6	CI3 + Br + Lv	270	147,07	20	72,89	75	100
TQ (1,2,3) - TQ4	TQ (1,2,3)	570	219,39	20	84,68	90	100
CI5-CI6	TQ 4	570	219,39	20	84,68	90	110
CI6-CRL	CI4 + CI5	840	269,99	20	91,53	110	110

Os valores dos diâmetros nominais obtidos para os coletores prediais, através do RGSPDADAR [1], não cumprem os valores do diâmetro mínimo estipulados por este, no artigo 247. Como tal, foram adotados diâmetros de 110 mm para os coletores prediais pois é o valor, retirado do catálogo do fornecedor, que suporta o diâmetro mínimo de 100 mm. Relativamente ao coletor predial situado entre as caixas de inspeção 5 e 6, este apresenta um valor mínimo de 110 mm, pois o tubo de queda que o antecede, nomeadamente o tubo de queda 4, possui um diâmetro nominal de 110 mm e querendo cumprir os requisitos estipulados pelo RGSPDADAR [1], um elemento constituinte de uma rede de drenagem deverá sempre possuir um diâmetro igual ou maior ao diâmetro do troço que o antecede.

Para o dimensionamento dos coletores prediais pela norma EN 12056 [3], recorreu-se à Tabela 4.30 da presente dissertação.

Na tabela 5.14 são apresentados os valores de dimensionamento dos coletores prediais para a norma EN 12056 [3].

**Tabela 5.14:** Valores de dimensionamento dos coletores prediais para a norma EN 12056 [3]

<b>EN 12056</b>				
Coletores prediais	Proveniência das descargas	Qa (l/s)	Qtotal (l/s)	DN (mm)
CI1-CI2	MI + LI	1	0,5	100
CI2-CI3	MI + LI + Mr	1,5	0,61	100
CI3-CI4	CI3 + Br + Lv	3,8	0,97	100
CI4-CI6	CI3 + Br + Lv	3,8	0,97	100
TQ (1,2,3) - TQ4	TQ (1,2,3)	8,7	1,47	100
CI5-CI6	TQ 4	8,7	1,47	100
CI6-CRL	CI4 + CI5	12,5	1,77	100

Na Tabela 5.15 são apresentados os valores dos caudais acumulados e de cálculo em l/s para uma simplificada comparação entre as duas normas.

**Tabela 5.15:** Caudais acumulados e caudais de cálculo dos coletores prediais, para as 2 normas

		<b>RGSPDADAR</b>		<b>EN 12056</b>	
Coletores prediais	Proveniência das descargas	Qac (l/min)	Qcalc (l/min)	Qa (l/s)	Qtotal (l/s)
CI1-CI2	MI + LI	1,5	1,5	1	0,5
CI2-CI3	MI + LI + Mr	2,5	1,79	1,5	0,61
CI3-CI4	CI3 + Br + Lv	4,5	2,45	3,8	0,97
CI4-CI6	CI3 + Br + Lv	4,5	2,45	3,8	0,97
TQ (1,2,3) - TQ4	TQ (1,2,3)	9,5	3,66	8,7	1,47
CI5-CI6	TQ 4	9,5	3,66	8,7	1,47
CI6-CRL	CI4+CI5	14	4,50	12,5	1,77

Pela observação da tabela 5.15 é possível verificar que os caudais de cálculo, relativos a coletores prediais, obtidos através do método preconizado pelo RGSPDADAR [1] são maiores do que os caudais de cálculo obtidos através da aplicação do método simplificado preconizado pela norma europeia EN 12056 [3]. Esta diferença entre valores deve-se essencialmente

à diferença de valores de caudais de descarga para as duas normas e também devido à ao método de cálculo.

#### 5.3.2.4. Dimensionamento do ramal de ligação

Para o dimensionamento do ramal de ligação, ambas as normas indicam que o processo será semelhante ao do dimensionamento dos coletores prediais.

**Tabela 5.16:** Valores de dimensionamento do ramal de ligação, para as duas normas

Proveniência das descargas	RGSPPDADAR						EN 12056		
	Qac (l/min)	Qcalc (l/min)	Inclinação (mm/m)	Diâmetro int (mm)	DN (mm)	Dmin (mm)	Qa (l/s)	Qtotal (l/s)	DN (mm)
C.R.L.	840	269,99	20	91,53	110	125	12,5	1,77	100

O valor do diâmetro para o RGSPPDADAR [1] foi de 110 mm, não cumprindo o requisito do artigo 149 deste regulamento, nomeadamente um valor mínimo de 125 mm de diâmetro, assim sendo, foi adotado um diâmetro de 125 mm para o ramal de ligação.

# **CAPÍTULO VI**

## **CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS**

(Página em branco)

## 6.1. Conclusão

O principal objetivo desta dissertação era reunir e disponibilizar as informações necessárias a um correto dimensionamento, especificado em três regulamentos distintos, de redes prediais de abastecimento de água fria e de drenagem de águas residuais domésticas. Tendo por base um projeto de um edifício de habitação unifamiliar, foram aplicados os métodos de dimensionamento e a partir dos resultados, foi feito o estudo comparativo entre as diferentes normas, com o objetivo de analisar as divergências entre si.

Com base nos métodos de dimensionamento descritos no Capítulo 4 para os três regulamentos e concluída a sua aplicação e cálculo no projeto selecionado para o desenvolvimento desta dissertação, procedeu-se, então, à análise de resultados.

No que toca ao dimensionamento das redes prediais de abastecimento de água, foi possível observar que os diâmetros nominais obtidos a partir do cálculo pelo RGSPDADAR [1] foram superiores aos diâmetros nominais adquiridos pela aplicação do método da norma EN 806 [2], para todos os tramos da rede de abastecimento. Após uma reflexão sobre os métodos de cálculo pelas duas normas, concluiu-se que a disparidade visível de diâmetros para os mesmos tramos se deve ao facto do Regulamento Português se basear em métodos analíticos otimizados, em função do caudal em causa e respeitando uma velocidade previamente estipulada como aceitável, entre 0,5 m/s e 2 m/s, e a norma europeia ter como base um método simplificado que consiste na observação direta de tabelas onde se assumem limitações das perdas de carga e se permitem valores de velocidade até 4 m/s.

Relativamente aos parâmetros da velocidade, o RGSPDADAR [1] apenas permite o recurso a valores até 2 m/s e tendo presente que no cálculo dos diâmetros, a partir da expressão 5 deste documento, a velocidade é inversamente proporcional, rapidamente se conclui que o cálculo dos diâmetros é limitado mas, no entanto, é mais preciso, o que conduz a níveis de conforto mais elevados. Por outro lado, a norma EN 806 [2] admite valores de velocidade até 4 m/s, contemplados em tabelas simplificadas, os quais permitem a obtenção de diâmetros mais reduzidos e, por conseguinte, níveis de conforto mais reduzidos.

No que toca a valores de pressão e perdas de carga, o regulamento português obriga a uma verificação detalhada destes, restringindo a pressão a valores compreendidos entre 50 e 600

kPa, o que influencia diretamente a obtenção dos diâmetros, ao invés do ocorrido para a norma europeia, que apresenta um intervalo mais reduzido, nomeadamente entre 100 kPa e 500 kPa. No entanto, não obriga ao cálculo exato da pressão, pressupondo que na elaboração das tabelas simplificadas foram tidas em conta limitações de perdas de carga a valores baixos, que por consequência, conduz a valores de pressão e diâmetros mais reduzidos.

Tendo em conta tais parâmetros é possível constatar que o RGSPDADAR [1] apresenta um método de cálculo mais flexível e rigoroso por permitir o uso de valores concretos para a obtenção de diâmetros específicos, conseguindo responder a vários níveis de conforto e custos. A desvantagem deste método prende-se com o facto de ser um método metuculoso e como tal, pode tornar-se exaustivo no processo de dimensionamento. A respeito da norma EN 806 [2], esta apresenta um método simplificado que torna o processo de dimensionamento mais fácil, prático e rápido. No entanto, devido às suas limitações e restrições, este método conduz a níveis de conforto reduzidos e não é apropriado para o dimensionamento de circuitos de retorno, denotando uma clara desvantagem em relação ao método sugerido pelo RGSPDADAR [1].

No que toca ao dimensionamento das redes prediais de drenagem de águas residuais domésticas, também se verificou que os diâmetros nominais obtidos a partir do cálculo pelo RGSPDADAR [1] foram superiores aos diâmetros nominais adquiridos pela aplicação do método da norma EN 12056-2 [3] para todos os elementos constituintes da rede.

Tal situação prende-se com o facto da norma europeia disponibilizar a obtenção dos diâmetros a partir de tabelas simplificadas, ao contrário do regulamento nacional que recorre a métodos analíticos, e fornecer caudais de descarga inferior aos caudais fornecidos pelo regulamento português. A situação é praticamente idêntica ao que se constatou para o dimensionamento das redes de abastecimento de água.

Apesar de se observarem diversas variáveis que podem levar à diversidade de resultados finais de dimensionamento, tais como, taxas de ocupação do escoamento nos troços, tipos de ligação entre condutas, métodos probabilísticos utilizados para avaliar a possibilidade de funcionamento em simultâneo de diversos aparelhos de descarga, constata-se que a fonte da discrepância entre diâmetros das diferentes normas se verifica ao nível dos respetivos valores dos caudais de descarga. Sendo, à partida, os valores de caudal de descarga da norma europeia inferiores aos caudais do regulamento português e sendo a norma europeia baseada em tabelas

simplificadas, alicerçadas em restrições e limitações, ao invés do regulamento português, rapidamente se depreende que a norma poderá correr o risco de sub-dimensionamento.

Concluindo, denota-se no RGSPDADAR [1] um método de cálculo mais rigoroso, o que o possibilita atender a valores mais precisos de diâmetros, tendo como contrapartida o facto de ser um processo fatigante. Já a norma EN 12056-2 [3] expõe um método rápido e simplista, mas que, no entanto, pode conduzir a valores pouco precisos.

## **6.2. Trabalhos futuros**

De modo a alargar e complementar o conhecimento relativo a redes prediais são feitas as seguintes propostas para trabalhos futuros:

- A aplicação dos mesmos métodos de dimensionamento a outros tipos de edifícios, tais como, edifícios multifamiliares e posterior comparação dos resultados presentes neste documento;
- Estudos detalhados relativamente a materiais a utilizar em redes prediais;
- Levantamento de patologias associadas ao uso e desgaste das redes prediais visando a sua reabilitação;
- Estudo relativo à otimização dos métodos de dimensionamento dos três regulamentos abordados nesta dissertação, nomeadamente ajustes de diâmetros, velocidades e pressão.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Decreto-Regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto, Imprensa Nacional, Lisboa. 1996.
- [2] EN 806-3. 2006, Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 3: Pipe sizing – Simplified method. Bruxelas: CEN.
- [3] EN 12056-2. 2000, Gravity drainage systems inside buildings - Part 2: sanitary pipework, layout and calculation. Bruxelas: CEN.
- [4] Landi, F. R. - A Evolução Histórica das Instalações Hidráulicas, Boletim Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1993.
- [5] Ferreira, M. I. C. S. - Sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas, Estudo comparativo entre o Regulamento Geral e a Norma Europeia 12056-2, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- [6] Botica, A. H. P. - Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2012.
- [7] Silva, P. - Redes Prediais - Evolução, Avaliação e Perspetiva, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.
- [8] Palas, J. I. S. - Redes Prediais – Patologias e Reabilitação de Redes de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais Domésticas, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- [9] Contagem do Tempo na História, consultado em 22 de Setembro de 2015. Disponível em <http://www.todamateria.com.br/contagem-do-tempo-na-historia/>
- [10] Matos, J. S. - “Aspetos Históricos e atuais da Evolução da drenagem de águas residuais em Meio Urbano”; Revista Universidade do Minho, número 16, 2003.
- [11] Sá, N. J. M - Otimização de sistemas prediais de distribuição de água fria, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.
- [12] Marques, R. C. - A Regulação dos Serviços de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais: Uma perspetiva internacional. Lisboa, Portugal, 2011.

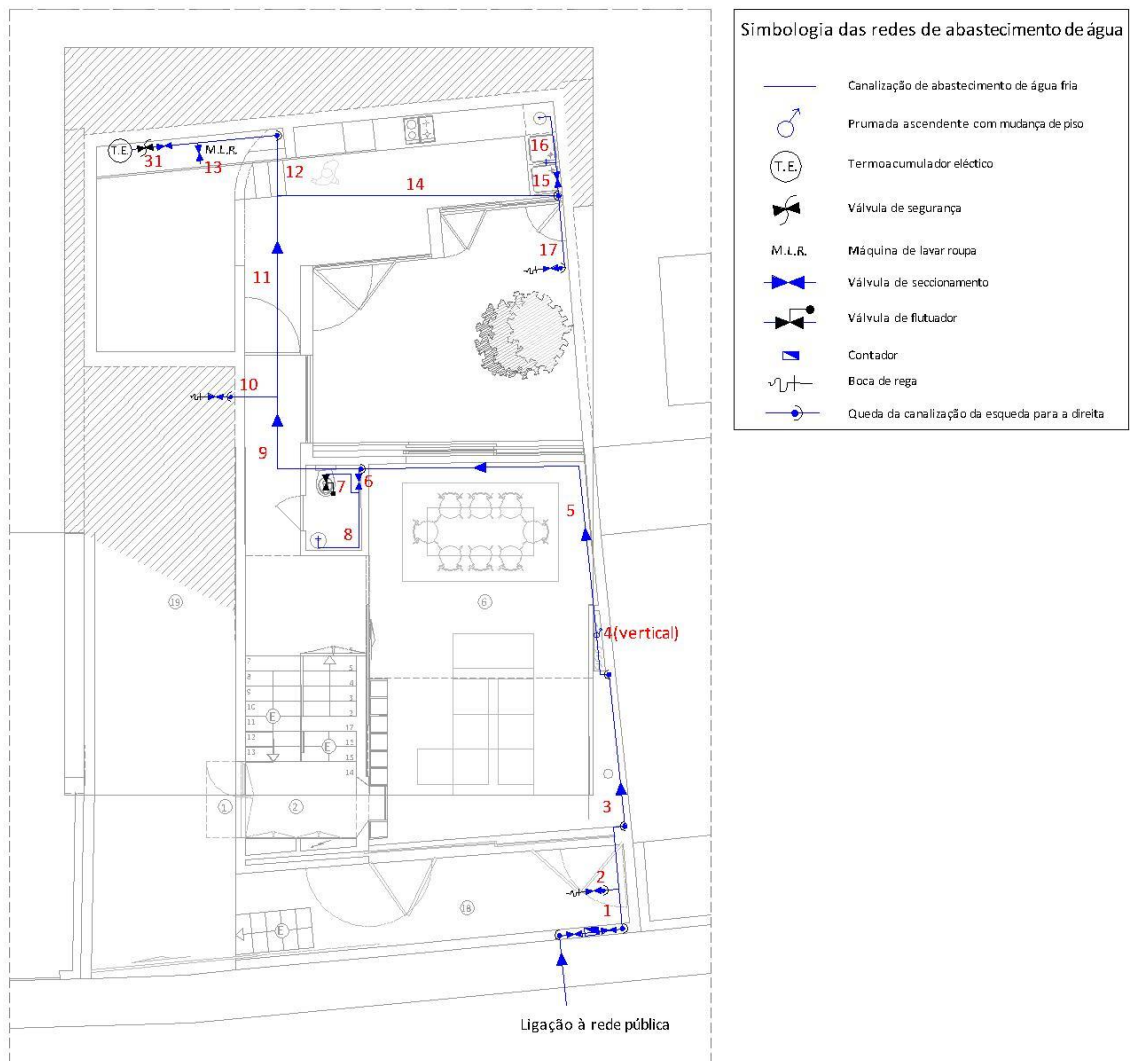
- [13] Gonçalves, R. M. P. - Evolução dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- [14] Setor Português da Água, consultado em 2 de Outubro de 2015. Disponível em: [http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2014/07/94967-AEP\\_Setor-Portugues-da-Agua.pdf](http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2014/07/94967-AEP_Setor-Portugues-da-Agua.pdf)
- [15] Agência Portuguesa do Ambiente, consultado em 2 de Outubro de 2015. Disponível em: <http://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=108&sub3ref=209>
- [16] Santana, F. Diagnóstico Sectorial - Abastecimento de água, saneamento de águas residuais e resíduos sólidos, 2009.
- [17] Reabilitação Urbana, consultado em 2 de Outubro de 2015. Disponível em: <http://directhit.blogs.com/reabilitacaourbana/maotdr.html>
- [18] Lextec, consultado em 4 de Outubro de 2015. Disponível em: [http://www.instituto-camoes.pt/lextec/por/domain\\_1/text/19515.html](http://www.instituto-camoes.pt/lextec/por/domain_1/text/19515.html)
- [19] Ambiente Portugal, consultado em 5 de Outubro de 2015. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=5&subref=632>
- [20] Portal do cidadão, consultado em 5 de Outubro de 2015. Disponível em: <https://www.portaldocidadao.pt/web/direcao-geral-do-consumidor/direcao-geral-do-consumidor>
- [21] Autoridade da concorrência, consultado em 5 de Outubro de 2015. Disponível em: [http://www.concorrencia.pt/vPT/A\\_AdC/Missao\\_e\\_atribuicoes/Paginas/missao-e-atribuicoes.aspx](http://www.concorrencia.pt/vPT/A_AdC/Missao_e_atribuicoes/Paginas/missao-e-atribuicoes.aspx)
- [22] Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, consultado em 5 de Outubro de 2015. Disponível em: <http://www.apda.pt/pt/pagina/2/objectivos/>
- [23] Maurício, R. A. L. - Análise Crítica do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2014.
- [24] International Plumbing Code, International Code Council, april, Washinton D.C., United States of America, 2011.
- [25] Baptista, F. P. - Sistemas de Distribuição de Água Fria, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.
- [26] Pedroso, V.M.R. - Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas. 3ª edição. Lisboa: LNEC, 2007.

- [27] Afonso, A. S. - Dimensionamento de instalações prediais de água. Considerações sobre o método proposto na norma europeia, Congresso Nacional, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2007.
- [28] Coprax. Disponível em [http://www.coprax.com/pt/documentos/list/categoria\\_id/6/paid/5](http://www.coprax.com/pt/documentos/list/categoria_id/6/paid/5)
- [29] Politejo. Disponível em <http://politejo.com/PT/produtos/>

## **ANEXOS**

(Página em branco)

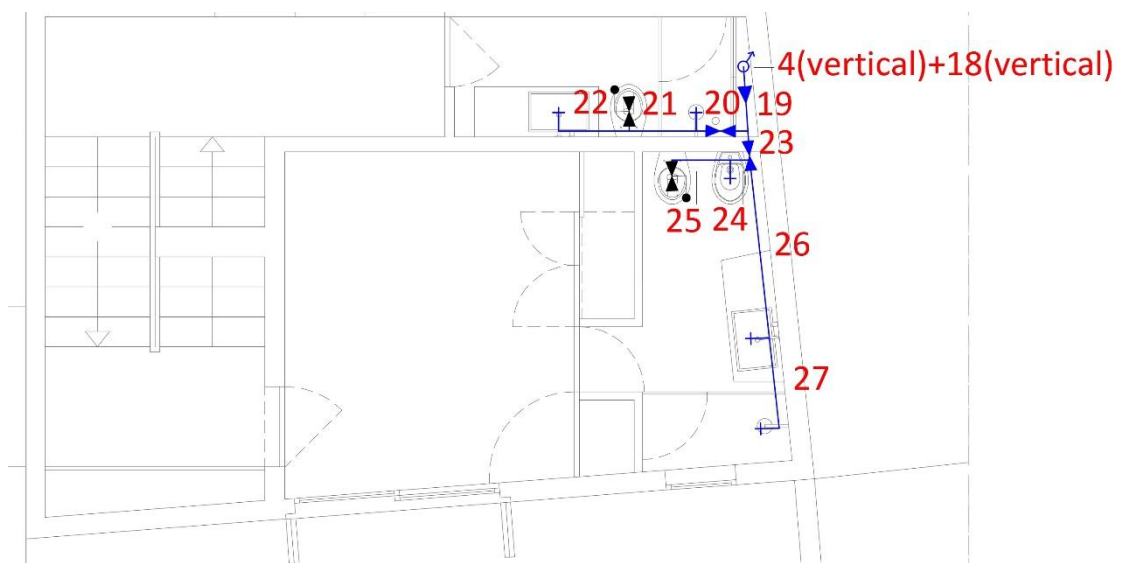
## ANEXO I – Peças desenhadas



Planta do rés do chão com a respetiva rede de abastecimento de água



Planta do 1º piso com a respetiva rede de abastecimento de água

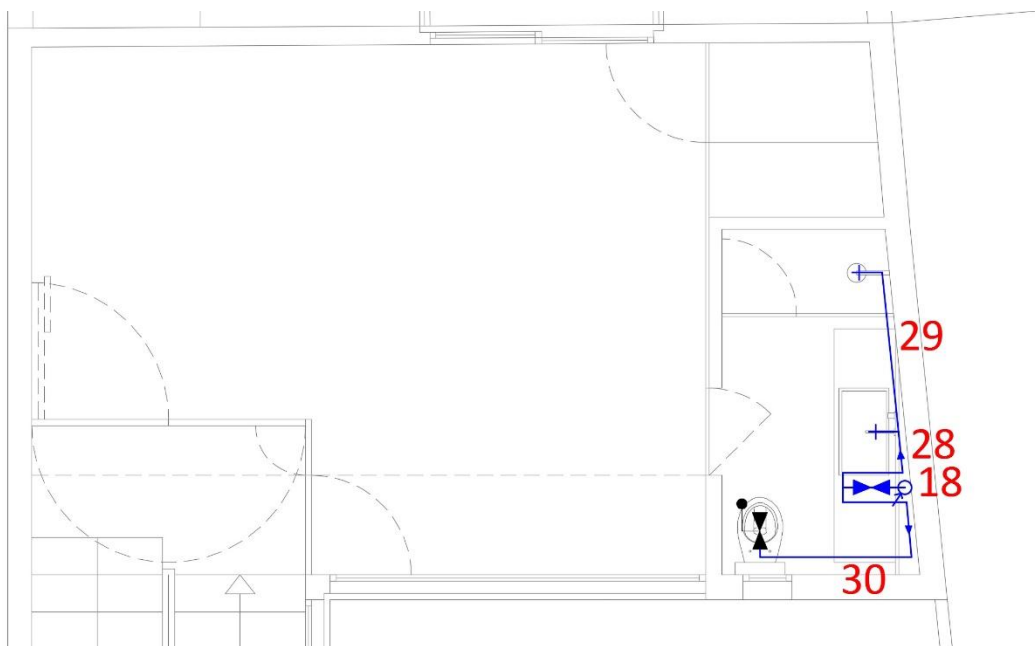


Pormenor da rede de abastecimento de água no 1º piso

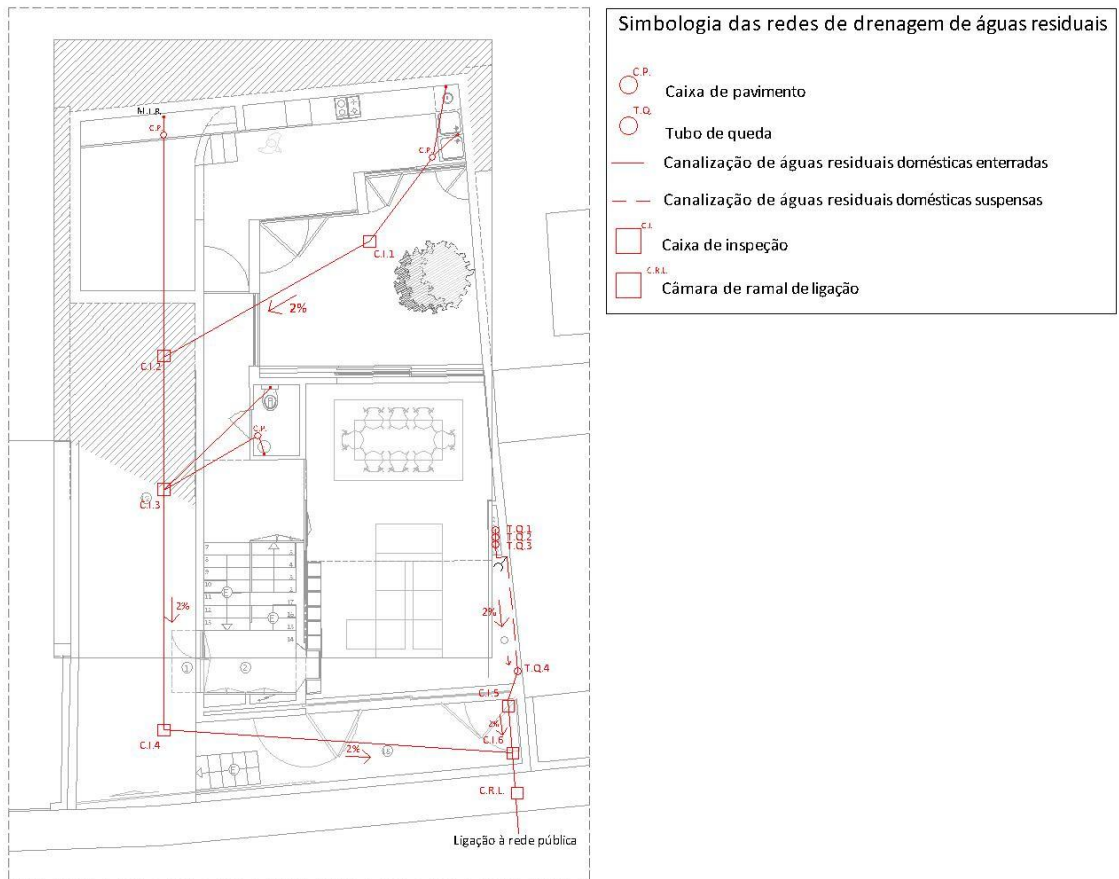




Planta do 2º piso com a respetiva rede de abastecimento de água



Pormenor da rede de abastecimento de água no 2º piso



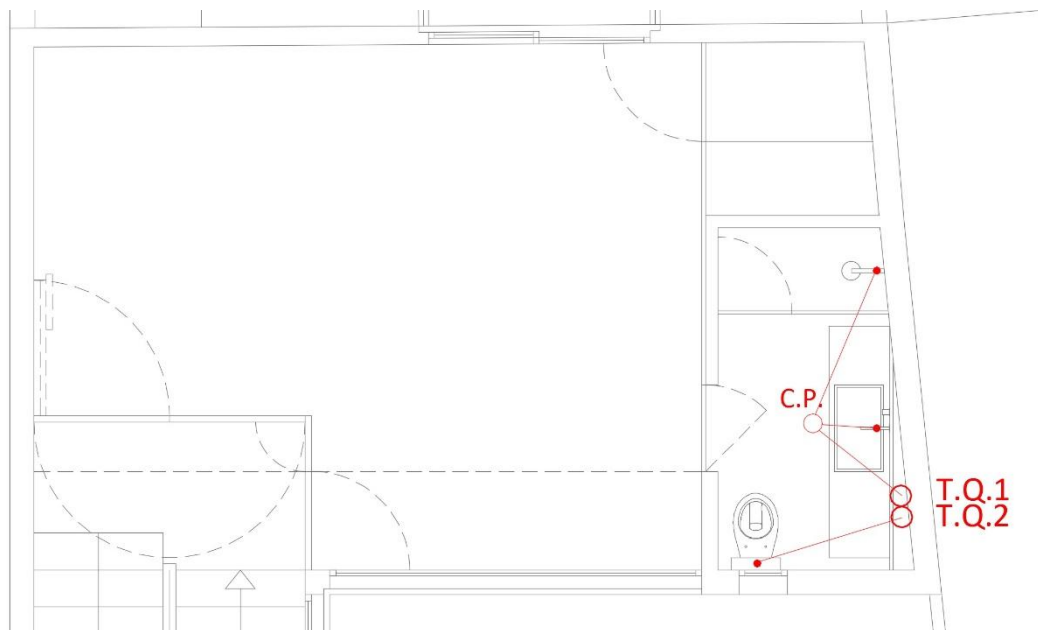
Planta do Rés-do-chão com a respetiva rede de drenagem de águas residuais



Planta do 1º piso com a respetiva rede de drenagem de águas residuais



Planta do 2º piso com a respetiva rede de drenagem de águas residuais



Pormenor da rede de drenagem de águas residuais no 2º piso

## ANEXO II- Catálogos de Fornecedores

### TABELA DE DIÂMETROS



Diâmetro externo mm	PN20	
	Diâmetro interno mm	Espessura mm
16	10,6	2,7
20	13,2	3,4
25	16,6	4,2
32	21,2	5,4
40	26,6	6,7
50	33,2	8,4
63	42,0	10,5
75	50,0	12,5
90	60,0	15,0
110	74,0	18,0
125	-	-

TUBO COPRAX PN20 • COPRAX PP-R PIPE PN20



**K00** art.

DIÂMETRO MM Ø DIAMETER MM	CÓDIGO CODE	EMBALAGEM PACKAGING metros/meters	PREÇO/UNID. € PRICE/UNIT
16x2,7 *	107.00.01.6	100	1,16
20x3,4	107.00.02.0	100	1,39
25x4,2	107.00.02.5	100	2,33
32x5,4	107.00.03.2	40	3,67
40x6,7	107.00.04.0	20	6,33
50x8,4	107.00.05.0	20	8,25
63x10,5	107.00.06.3	16	13,01
75x12,5	107.00.07.5	12	19,84
90x15	107.00.09.0	8	34,95
110x18	107.00.09.5	8	46,18

\* Até esgotar stock • Discontinued product / Limited Stock

PRODUTOS



**TUBOS DE ESGOTOS DOMÉSTICOS/VENTILAÇÃO**

PONTAS DE TUBO - BOCA SB (ANEL DE BORRACHA)

- Ø mm
- 32
- 40
- 50
- 75
- 90
- 110
- 125