



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Dimensionamento e conceção de uma rede predial para cinco blocos de habitação multifamiliar

ANGELINA MARIA BORGES SEQUEIRA
(Licenciada em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na
Área de Especialização de Hidráulica

Orientador:

Mestre Alexandre Almeida Mendes Borga

Júri:

Presidente: Doutora Maria Helena Teixeira Cardoso Gamboa

Vogais: Engenheiro Luís Carlos Pais Vaz Tecedeiro

Mestre Alexandre Almeida Mendes Borga

Dezembro de 2017

RESUMO

No traçado e dimensionamento de uma rede predial existe um conjunto variado de decisões que o engenheiro terá de tomar atendendo aos objetivos pretendidos com o projeto em curso, tendo sempre em vista a questão do rácio qualidade/preço, desde a escolha do material a adoptar nas tubagens, as restrições arquitetónicas, regras construtivas, etc.

Este projeto irá abordar o dimensionamento de uma rede predial de cinco edifícios multifamiliares, com o total de 27 fogos de tipologia variada. Serão apresentados como comparação o método de cálculo realizado por um programa comercial CYPECAD MEP e o cálculo realizado utilizando uma folha de cálculo EXCEL e realizadas as devidas comparações.

Na elaboração deste trabalho teve-se em consideração a legislação em vigor, nomeadamente, o Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de Agosto, incluindo a declaração de Rectificação n.º 153/95, de 30 de Novembro, e Decreto-lei n.º 23/95 de 23 de Agosto (RGSPDADAR), para além de diversa bibliografia existente.

São apresentados os cálculos das redes prediais de abastecimento de água potável, drenagem de águas pluviais e domésticas, para além de um estudo para a rede de aproveitamento de água pluvial. As peças desenhadas são apresentadas, representando as diferentes redes e equipamentos.

Palavras-chave: redes prediais, abastecimento de água, drenagem doméstica, drenagem pluvial, reutilização de água pluvial.

ABSTRACT

The design of a water supply system network have a wide range of decisions that the engineer will have to take in view of the objectives pursued with the current project, always chasing the best quality / price ratio, from the choice of material to be adopted in the pipes, architectural constraints, rules, legislation etc.

This design will address several building network system of five buildings with a total of 27th apartments of varied typology. The calculation method is performed by using a commercial program CYPECAD MEP and using an EXCEL spreadsheet, the results will be presented as a comparison between them.

In the preparation of this work, was taken of consideration the ruling legislation, Decree-Law n. ° 207/94 of August the 6th, including Decree-Law n. ° 153/95 November the 30rd, Decree-Law n. ° 23 / 95 of August the 23rd, in addition to several existing bibliographies.

The dimensioning of the water supply system for human consumption, rainwater drainage and wastewater will be presented, as well as a study for the network of reuse of rainwater. The drawings will be presented, representing the different networks system and equipment.

Keywords: building networks system, water supply, wastewater drainage, rainwater drainage, water reuse

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento em particular ao Prof. Alexandre Borga pela orientação tutorial, sem a qual a realização deste trabalho não teria sido possível e pela sua dedicação que se torna inspiradora.

Gostaria ainda de prestar os meus agradecimentos ao Arq. Miguel Aleixo, com quem durante o desenvolvimento deste projeto tive o prazer de trabalhar.

À minha querida família, Hugo Reis e Verónica Reis, pela paciência que tiveram durante este percurso e pelo apoio incessante, a quem dedico a realização deste sonho e anseio a realização de muitos mais em conjunto.

A todos vós o meu muito obrigada!

ÍNDICE GERAL

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivo e metodologia.....	1
Capítulo 2 - Apresentação dos elementos do projeto	3
2.1 Descrição do projeto	3
2.2 Desenvolvimento e descrição da instalação.....	4
Capítulo 3 – Elementos bibliográficos e regulamentares	7
3.1 Regulamentação nacional e elementos de consulta	7
3.2 Conceção de redes de abastecimento de água potável.....	7
3.2.1 Pressupostos de cálculo e traçado	7
3.2.2 Rede de distribuição de água.....	8
3.2.3 Pressão de serviço	9
3.2.4 Velocidade de escoamento	10
3.2.5 Caudal instantâneo mínimo.....	10
3.2.6 Caudal de cálculo e coeficiente de simultaneidade.....	11
3.2.7 Ruídos	13
3.2.8 Determinação do diâmetro e perdas de carga	14
3.2.9 Verificação das condições de pressão	15
3.3 Elementos constituintes das redes.....	16
3.3.1 Tubagens	16
3.3.2 Válvulas e ventosas	18
3.3.3 Contadores	20
3.3.4 Rede de distribuição de água quente.....	21
3.4 Rede de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais	22
3.4.1 Rede de drenagem de águas residuais.....	22

3.4.2 Elementos constituintes da rede de drenagem predial	22
3.4.3 Dimensionamento da rede doméstica de esgotos.....	23
3.4.4 Sistema predial de drenagem de águas pluviais.....	33
3.4.5 Dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais.....	34
3.4.6 Tubos de queda	40
3.4.7 Coletores prediais.....	41
3.4.8 Ramais de ligação	41
Capítulo 4 Dimensionamento hidráulico da rede de abastecimento de água potável.....	43
4.1 Legislação e normas.....	43
4.2 Preparação dos elementos do projeto.....	43
4.3 Dados iniciais para o dimensionamento	44
4.4 Elementos constituintes da rede de abastecimento de água potável.....	45
4.4.3 Tubagens	45
4.4.4 Equipamentos e pontos de abastecimento.....	45
4.4.5 Simbologia e traçado da rede	46
4.5 Apresentação dos resultados.....	47
4.6 Rede de abastecimento solar térmico.....	50
Capítulo 5 Dimensionamento hidráulico da rede de drenagem de águas residuais domésticas	53
5.1 Legislação e normas.....	53
5.2 Preparação dos elementos do projeto.....	53
5.3 Dados de dimensionamento	54
5.4 Elementos constituintes da rede de drenagem de águas residuais	54
5.4.1 Tubagens	54
5.4.2 Equipamentos e pontos de drenagem de águas residuais.....	54
5.4.3 Simbologia e traçado da rede	54

5.5 Apresentação dos resultados	55
Capítulo 6 Dimensionamento hidráulico da rede de drenagem de águas pluviais.....	59
6.1 Legislação e normas.....	59
6.2 Preparação dos elementos do projeto.....	59
6.3 Dados de dimensionamento	60
6.4 Elementos constituintes da rede de drenagem de águas pluviais.....	60
6.4.3 Tubagens	60
6.4.4 Equipamentos e pontos de drenagem de águas pluviais	60
6.4.5 Simbologia e traçado da rede	62
6.5 Apresentação dos resultados	64
6.6 Aproveitamento de água pluvial	65
6.6.3 Dados de dimensionamento	66
Capítulo 7 Conclusões.....	69
7.1 Síntese do trabalho desenvolvido	69
7.2 Principais conclusões e recomendações	70
Referências bibliográficas.....	71
Anexo I (Dimensionamento)	
Anexo II (Peças desenhadas)	

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização da freguesia de Carnaxide, concelho de Oeiras.....	3
Figura 2 - Localização do empreendimento a construir	3
Figura 3 - Alçado principal dos blocos A, B, C, D e E	4
Figura 4 - Constituição de uma rede predial	9
Figura 5 - Curvas para a determinação do caudal de cálculo, em função dos caudais acumulados	12
Figura 6 – Recomendações construtivas minimizadoras de condução de ruídos nas tubagens	14
Figura 7 - Verificação da pressão no ponto mais desfavorável	16
Figura 8 – Instalação de redes prediais de diversas especialidades.....	17
Figura 9 - Redutores de pressão com indicador de pré-regulação.....	18
Figura 10 - Válvula de esfera com retenção.....	19
Figura 11 - Válvulas de segurança de manípulo e de borboleta.....	19
Figura 12 - Válvula de ventosa com esquema de funcionamento	20
Figura 13 - Bateria de contadores de um edifício multifamiliar	20
Figura 14 - Sistema de drenagem de águas residuais domésticas	22
Figura 15- Caudal de cálculo de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados	24
Figura 16 - Esquema e diagrama de pressões num tubo de queda	27
Figura 17 - Abertura para o exterior de tubos de queda	29

Figura 18 - Pormenor de um tubo de queda com ventilação primária (A) e com ventilação secundária (B).	29
Figura 19 - Dimensionamento de colunas de ventilação secundária.....	30
Figura 20 - Distância máxima entre os sifões e as secções ventiladas para escoamento a secção cheia.....	31
Figura 21 - Sifão incorporado no equipamento sanitário	32
Figura 22 - Dupla sifonagem.....	33
Figura 23 - Rede predial de drenagem de águas pluviais, elementos constituintes e diâmetros mínimos	34
Figura 24 - Regiões pluviométricas.....	35
Figura 25 - Lâmina líquida de uma caleira semi-circular e rectangular.....	37
Figura 26 - Ralos de pinha para coberturas planas não acessíveis.....	39
Figura 27 - Pormenor de ligação de uma caleira e tubo de queda.....	40
Figura 28 - Layout do software para engenharia e construção.....	44
Figura 29 – Simbologia utilizada nas peças desenhadas do projeto da rede de abastecimento de água potável	47
Figura 30 - Simbologia utilizada nas peças desenhadas da rede de drenagem de águas residuais domésticas	55
Figura 31 – Definição das áreas pluviais.....	59
Figura 32 - Exemplo de um orifício de descarga numa cobertura plana.....	61
Figura 33 – Exemplo de uma caleira numa cobertura inclinada	61

Figura 34 - Simbologia utilizada nas peças desenhadas da rede de drenagem de águas pluviais 63

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição dos fogos nos cinco blocos habitacionais..... 4

Tabela 2 - Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de água fria ou quente 10

Tabela 3 - Caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários, características geométricas dos ramais de descarga e sifões..... 23

Tabela 4 - Constante de rugosidade do material 26

Tabela 5 - Diâmetros dos tubos de queda sem ventilação secundária..... 28

Tabela 6 - Precipitação para T=5anos e t=5min..... 36

Tabela 7 - Percentagem de áreas impermeáveis..... 36

Tabela 8 - Grandezas geométricas relativas a secções circulares..... 38

Tabela 9 - Valores de projeto para efeitos de dimensionamento preconizados nos documentos normativos, para redes de distribuição de água potável..... 43

Tabela 10 - Tabela resumo dos pontos a abastecer 45

Tabela 11 – Extrato do relatório de dimensionamento da tubagem vertical entre os contadores e a entrada dos fogos..... 48

Tabela 12 - Extrato da tabela de cálculo do diâmetro das tubagens para o interior de um fogo..... 48

Tabela 13 – Extrato da tabela de cálculo dos nós..... 49

Tabela 14 - Extrato da tabela de cálculo do ramal de introdução e de ligação da rede de abastecimento de água potável	50
Tabela 15 - Capacidade do depósito do sistema solar térmico.....	51
Tabela 16 - Necessidades de caudal instantâneo para a rede solar térmica por fogo..	51
Tabela 17 -Dimensionamento da rede solar térmica	52
Tabela 18 - Valores de projeto para efeitos de dimensionamento preconizados nos documentos normativos, para a rede de drenagem de água residual.....	53
Tabela 19 - Características físicas das tubagens do tipo PVC.....	54
Tabela 20 - Tabela de cálculo dos tubos de queda do bloco A	56
Tabela 21 – Tabela de cálculo dos ramais de descarga e coletores do bloco A	56
Tabela 22 – Tabela de cálculo da rede de coletores de águas residuais domésticas. ...	57
Tabela 23 - Extrato da tabela de cálculo dos tubos de queda da rede de drenagem de águas pluviais.	64
Tabela 24 - Extrato da tabela de cálculo da rede coletora de águas pluviais	65
Tabela 25 - Caudal de cálculo acumulado.....	66
Tabela 26 – Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização	66
Tabela 27 - Consumos anuais para 27 fogos de habitação e sala de condomínio.	66

SIMBOLOGIA

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

Símbolo	Designação	Unidade
n	N.º de pisos acima do solo	-
N	N.º de dispositivos a abastecer	-
b	Factor caracterizador da rugosidade do material	-
D	Diâmetro	m
E_p	Calor dissipado	W/m
e	Espessura do isolante	m
h_i	Coefficiente de convecção interior	W/(m ² .°C)
h_e	Coefficiente de convecção exterior	W/(m ² .°C)
H	Pressão mínima	kPa
J	Perda de carga unitária	-
L	Comprimento do troço	m
P_A	Pressão no ponto A	m.c.a.
P_B	Pressão no ponto B	m.c.a.
Q	Caudal	m ³ /s ou l/min
Q_a	Caudal acumulado	m ³ /s
Q_i	Caudal instantâneo dos dispositivos de utilização	m ³ /s
Q_c	Caudal de cálculo	m ³ /s
v	Velocidade de escoamento	m/s
x	Coefficiente de simultaneidade	-
Z_{AB}	Desnível geométrico entre dois pontos	m
ΔH	Perda de carga	m
ΔH_{AB}	Perdas de carga entre dois pontos	m
ΔT	Diferença de temperatura entre água quente e ambiente	°C
λ	Condutividade térmica do isolante	W/(m.°C)

REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

Símbolo	Designação	Unidade
D	Diâmetro interior da tubagem	m ou mm
D _v	Diâmetro da coluna de ventilação	mm
H _{tubo de queda}	Altura do tubo de queda	m
i	Inclinação	-
I	Intensidade de precipitação	mm/h
K	Coefficiente de Manning-Strickler	m ^{1/3} .s ⁻¹
L _v	Comprimento da coluna de ventilação	m
Q	Caudal	m ³ /s ou l/min
Q _a	Caudal acumulado	m ³ /s
Q _c	Caudal de cálculo	m ³ /s
R	Raio hidráulico	m
S _{es}	Secção ocupada pelo caudal de esgoto	m ²
S _{ar}	Secção ocupada pelo caudal de ar	m ²
ts	Taxa de ocupação	-
x	Coefficiente de simultaneidade	-
τ	Tensão de arrastamento	N/m ²
γ	Peso volúmico da água residual	N/m ³

REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Símbolo	Designação	Unidade
A	Área a drenar em projecção horizontal ou ocupada pelo fluido	m ²
a	Constante dependente do período de retorno	-
b	Constante dependente do período de retorno	-
C	Coefficiente de escoamento	-
D	Diâmetro interior da tubagem, caleira ou tubo de queda	m ou mm
g	Aceleração da gravidade	m/s ²
h	Altura da lâmina líquida	m
H	Carga no tubo de queda	m
I	Intensidade de precipitação	mm/h
K	Coefficiente de Manning-Strickler	m ^{1/3} .s ⁻¹
Q	Caudal	m ³ /s, l/min ou l/s
Qc	Caudal de cálculo	m ³ /s
R	Raio hidráulico	m
S	Secção do tubo de queda	m ²
t	Duração da precipitação	min
y	Altura da caleira retangular	m
α	Coefficiente dependente do tipo de entrada no tubo de queda	m

REDE SOLAR TÉRMICA

Símbolo	Designação	Unidade
M_{AQ5}	Consumo médio diário de referência	l/dia
n	Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma	-
f_{ch}	Fator de eficiência hídrica	-

ACRÓNIMOS

Sigla	Designação
AQS	Águas Quentes Sanitárias
STA	Sistema de Tratamento de Água
UT	Utilização Tipo
AR	Água Residual
PVC	Policloreto de vinilo
AI	Aço Inox
FG	Ferro Galvanizado
PP	Polipropileno
FF	Ferro Fundido
SIMAS	Serviços Intermunicipais de Água e Saneamento
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

Capítulo 1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Historicamente a água sempre foi utilizada pelos seres humanos como recurso, seja para consumo próprio, higiene, transporte ou fonte de energia. Na América, encontram-se vestígios que comprovam que os incas já construíam numerosos sistemas de canalização de água para irrigação, assim como os egípcios que dominavam técnicas de irrigação do solo para fins agrícolas, métodos de armazenamento e de transporte.

Esta substância química tão essencial à vida é crucial para a humanidade. No entanto, apesar da sua importância, a sua utilização pouco cuidada está a comprometer a qualidade e a durabilidade dos recursos hídricos.

Um dos desafios da humanidade foi arquitetar técnicas de transporte de água para locais onde existia escassez, permitindo o crescimento da população nessas áreas, mas neste momento, o desafio que se impõe à engenharia é a preservação da sua qualidade, de forma sustentada e otimizando o seu consumo. Esta necessidade assume ainda maior importância atendendo à crescente procura deste bem precioso, devido ao crescimento populacional.

A implementação de sistemas de reciclagem de água será uma preocupação nos projetos das redes de abastecimento, rentabilizando o uso de água potável numa utilização doméstica.

O aproveitamento e armazenamento de água pluvial para determinados usos também poderá constituir uma solução sustentável no abastecimento em períodos de escassez.

1.2 OBJETIVO E METODOLOGIA

Pretende-se com este projeto apresentar os diferentes aspetos do dimensionamento de uma rede predial, de acordo com a legislação em vigor, e avaliar os resultados obtidos. Será abordada a reutilização de água pluvial para o abastecimento de equipamentos sanitários e rega, rentabilizando a sua utilização, questão que se torna cada vez mais pertinente com a crescente necessidade deste recurso tão valioso.

O trabalho será dividido em sete capítulos, aos quais acrescem os anexos com a apresentação dos cálculos e das peças desenhadas.

Nos capítulos 1 e 2 é realizada uma introdução ao trabalho desenvolvido, com uma descrição sucinta dos aspetos principais do projeto e da arquitetura.

Os elementos bibliográficos e regulamentares que servem como base para a conceção e dimensionamento, constituem o capítulo 3. Pretendeu-se com este capítulo apresentar de forma sucinta os aspetos regulamentares que se consideram mais importantes para a execução de projetos desta natureza.

Os capítulos 4, 5 e 6 referem-se respetivamente à conceção e dimensionamento da rede de abastecimento de água potável, da rede de drenagem de águas residuais e da rede de drenagem de águas pluviais.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

O anexo I é constituído pelos relatórios de cálculo das diversas especialidades, e no anexo II apresentam-se as peças desenhadas.

Pretende-se com esta metodologia e organização do trabalho estruturar o conteúdo do projeto com a apresentação inicial dos aspetos teóricos seguidos da sua aplicação a um caso real.

Capítulo 2 - APRESENTAÇÃO DOS ELEMENTOS DO PROJETO

2.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto em análise incide sobre um conjunto de cinco blocos de habitação multifamiliar a construir na freguesia de Carnaxide no concelho de Oeiras (figura 1), na Urbanização Quinta das Acácias, cuja localização é apresentada na figura 2.

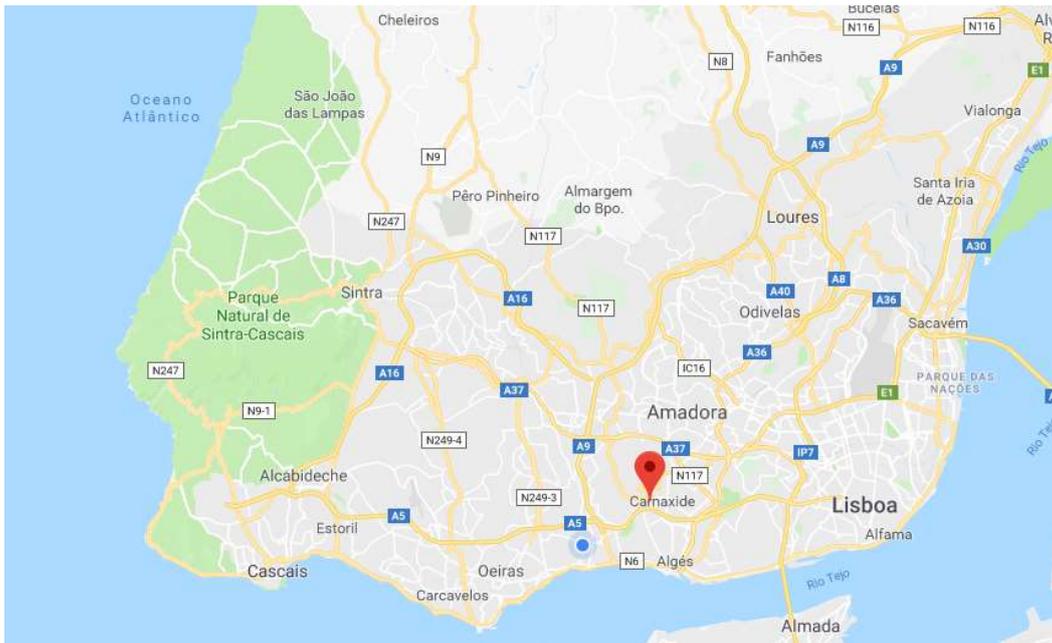


Figura 1 - Localização da freguesia de Carnaxide, concelho de Oeiras. [google maps]



Figura 2 - Localização do empreendimento a construir [google maps]

O empreendimento será constituído por cinco blocos habitacionais de três pisos, com um total de 27 fogos.

A instalação irá ser executada segundo as necessidades de abastecimento, distribuída de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição dos fogos nos cinco blocos habitacionais.

Bloco	Tipologia	N.º Fogos	Ocupantes	N.º total por piso
A	2	3	3	9
	3	3	4	12
B	1	3	2	6
	2	3	3	9
C	1	3	2	6
	2	3	3	9
D	1	3	2	6
	3	3	4	12
E	3	3	4	12
				81

Os blocos A e B são constituídos por cave e três pisos (R/C, 1.º e 2.º andar), sendo os restantes blocos C, D e E com três pisos acima da cota de soleira. Na figura 3 apresenta-se o alçado principal dos blocos referidos, também apresentado nas peças desenhadas no anexo II.



Figura 3 - Alçado principal dos blocos A, B, C, D e E

2.2 DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

O traçado da rede de abastecimento de água potável tem início na rede pública de abastecimento e segue individualmente pelo pavimento até cada uma das entradas dos blocos, onde se situa a caixa de entrada. A rede segue depois embutida na parede até à caixa de contadores, que se situa no rés-do-chão de cada caixa de escadas.

Após cada contador segue a rede individualizada, abastecendo os pontos de água situados na cozinha e instalações sanitárias.

A rede de drenagem de águas residuais domésticas foi concebida considerando a localização dos equipamentos, sendo as águas conduzidas até à rede pública.

A rede de drenagem de água pluvial será canalizada da cobertura para os elementos constituintes da rede, sendo as águas pluviais conduzidas para dois depósitos de acumulação de água para reutilização nos equipamentos sanitários, mais especificamente nos autoclismos e para rega dos espaços exteriores.

Capítulo 3 – ELEMENTOS BIBLIOGRÁFICOS E REGULAMENTARES

3.1 REGULAMENTAÇÃO NACIONAL E ELEMENTOS DE CONSULTA

Na conceção e dimensionamento de redes prediais em Portugal a principal referência bibliográfica será a aplicação dos princípios gerais do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 Agosto (RGSPDADAR) [1.1] e o Decreto-Lei nº 207/94 de 6 de Agosto, que definem os princípios gerais a cumprir assegurando o funcionamento global da rede e preservando a segurança, higiene e conforto dos utilizadores.

Um manual amplamente utilizado é o “Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas” de M. R. Pedroso, Vitor, [3.1] assim como o manual da EPAL, SA (EPAL, 2005), [3.2] como elementos de apoio à elaboração dos projetos de redes prediais.

Nos pontos seguintes deste trabalho são apresentados os principais aspetos que se deverão ter em consideração no dimensionamento e conceção de uma rede predial.

3.2 CONCEÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

3.2.1 PRESSUPOSTOS DE CÁLCULO E TRAÇADO

Na conceção e dimensionamento de novos sistemas de abastecimento prediais, de acordo com o RGSPDADAR, deverão ter-se em consideração os seguintes pontos:

- Pressão disponível da rede, dado fornecido pela entidade gestora;
- Tipo e número de dispositivos de utilização;
- Grau de conforto;
- Minimização do tempo de retenção das águas nas canalizações.

O traçado deverá desenvolver-se preferencialmente em troços retos, horizontais e verticais, ligados por acessórios, devendo apresentar uma determinada inclinação para favorecer a saída de ar no sistema, sendo recomendado no regulamento adotar uma inclinação de 0,5%. O desenvolvimento da rede deverá ser realizado em consonância com os restantes

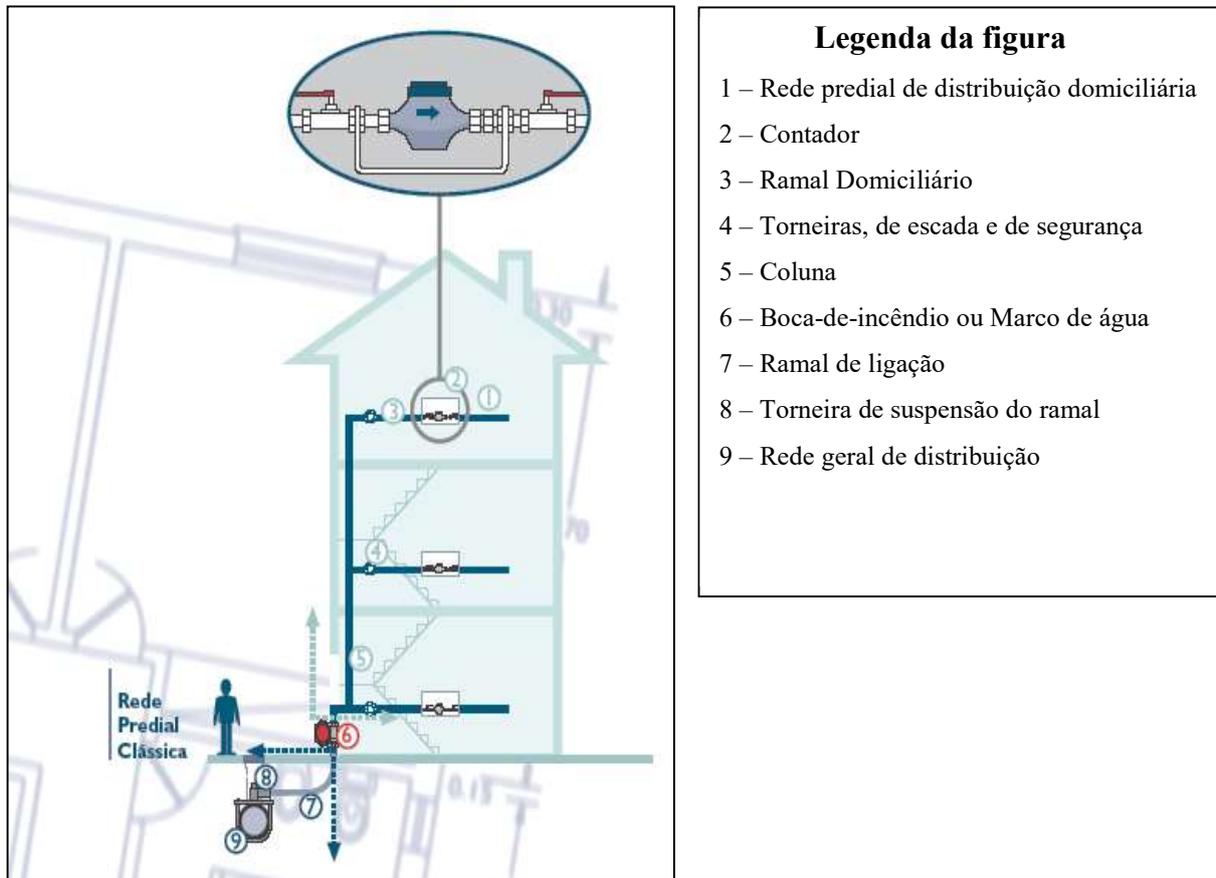
projetos de especialidade de forma a respeitar as distâncias mínimas, dessa forma minimizam-se os erros em obra.

3.2.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A rede de distribuição é constituída principalmente pelos elementos que esquematicamente se apresentam na figura 4. Os ramais são diferenciados segundo a sua localização, estando definidos como:

- Ramal de ligação, canalização compreendida entre a rede pública e o limite da propriedade a abastecer;
- Ramal de introdução coletivo, localizado entre o limite da propriedade e os ramais de introdução individuais dos utentes;
- Ramal de introdução individual, compreendido entre o ramal de introdução coletivo e os contadores individuais dos utentes, ou entre o limite predial e o contador.

A ligação do sistema predial de distribuição de água potável ao edifício pode ser feita de forma direta ou indireta. Esta última situação verifica-se quando há necessidade de adotar um reservatório para garantir o abastecimento de água potável à rede predial de abastecimento. Nas situações onde não estejam garantidas as condições de pressão mínimas pela rede de distribuição de água é necessário prever a instalação de sistemas sobrepessores.



Legenda da figura

- 1 – Rede predial de distribuição domiciliária
- 2 – Contador
- 3 – Ramal Domiciliário
- 4 – Torneiras, de escada e de segurança
- 5 – Coluna
- 6 – Boca-de-incêndio ou Marco de água
- 7 – Ramal de ligação
- 8 – Torneira de suspensão do ramal
- 9 – Rede geral de distribuição

Figura 4 - Constituição de uma rede predial, (EPAL 2011)

3.2.3 PRESSÃO DE SERVIÇO

A pressão de serviço nos dispositivos de utilização deverá estar compreendida entre 50kPa e 600kPa, porém o decreto regulamentar no artigo 21.º recomenda que a pressão esteja compreendida entre 150kPa e 300kPa, o limite inferior está relacionado com o funcionamento dos equipamentos e o limite superior à limitação que é imposta por questões de durabilidade do material e conforto dos utilizadores.

A pressão mínima da água necessária à entrada do edifício poderá ser estimada pela aplicação da seguinte equação:

$$H = 100 + 40n \quad (1)$$

Onde,

H – Pressão mínima (kPa);

n – N.º de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo.

3.2.4 VELOCIDADE DE ESCOAMENTO

Por motivos de durabilidade e conforto de utilização, a velocidade de escoamento deve estar compreendida entre 0,5m/s e 2,0m/s. Velocidades baixas poderão provocar estagnação da água na rede e depósito de material transportado, o limite superior é considerado de forma a evitar vibrações e ruídos nas tubagens

3.2.5 CAUDAL INSTANTÂNEO MÍNIMO

Cada dispositivo de utilização tem associado um caudal mínimo que deverá ser assegurado.

Na tabela 2 podem-se consultar os caudais instantâneos para os diferentes dispositivos de utilização.

Tabela 2 - Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de água fria ou quente. (RGSPDADAR)

Dispositivo de utilização	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual (Lv)	0,10
Lavatório colectivo (por bica) (Lvi)	0,05
Bidé (Bd)	0,10
Banheira (Ba)	0,25
Chuveiro individual (Ch)	0,15
Pia com despejos com torneira de Ø 15mm (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 (Ml)	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 Ø 15mm (Re)	0,30
Boca de rega ou lavagem de Ø 20mm (Re)	0,45
Máquinas industriais e outros aparelhos	Em conformidade com as instruções do fabricante

Considerando estes valores calcula-se o caudal acumulado que é definido para cada troço através do somatório dos caudais instantâneos dos dispositivos de utilização servidos por ele.

$$Q_a = \sum Q_i \quad (2)$$

Onde

Q_a – Caudal acumulado (m³/s);

Q_i – Caudal instantâneo dos dispositivos de utilização (m³/s).

3.2.6 CAUDAL DE CÁLCULO E COEFICIENTE DE SIMULTANEIDADE

O caudal de cálculo para posterior determinação do diâmetro da tubagem tem em conta o caudal acumulado e o coeficiente de simultaneidade. Este coeficiente é a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível, ou seja, caudal de cálculo, e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção [1.1]. A equação seguinte traduz a forma como o caudal de cálculo é obtido,

$$Q_c = xQ_a \quad (3)$$

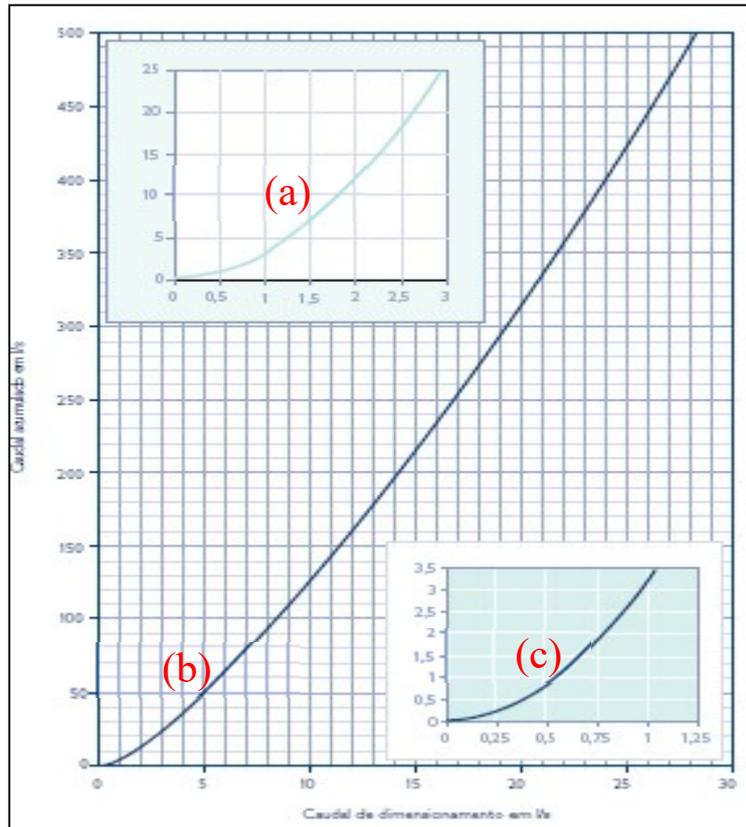
Onde

Q_c - Caudal de cálculo [m³/s];

x - Coeficiente de simultaneidade;

Q_a - Caudal acumulado [m³/s].

De acordo com o número 3 do artigo 91.º do RGSPDADAR, o caudal de cálculo pode ser obtido graficamente, ou analiticamente. No anexo V, do mesmo regulamento, é apresentado um gráfico cuja curva fornece os caudais de cálculo para um nível de conforto estipulado (ver figura 5).



Legenda

- (a) $25 \geq Q_a > 3,5 \Leftrightarrow Q_c \approx 0,5226 Q_a^{0,5364}$
- (b) $500 \geq Q_a > 25 \Leftrightarrow Q_c \approx 0,2525 Q_a^{0,7587}$
- (c) $Q_a \leq 3,5 \Leftrightarrow Q_c \approx 0,5469 Q_a^{0,5137}$

Onde

Q_a e Q_c em l/s

Figura 5 - Curvas para a determinação do caudal de cálculo, em função dos caudais acumulados. (Anexo E, EPAL 2011)

O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por via analítica ou gráfica. O coeficiente de simultaneidade obtido por via analítica, utiliza-se a equação (4), conforme indicado em [3.1]. Esta equação é válida para $N > 1$, caso tome valores de $N = 1$ ou $N = 2$ o coeficiente de simultaneidade será igual à unidade.

$$x = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \quad (4)$$

onde,

x – Coeficiente de simultaneidade;

N – Número de dispositivos a abastecer.

3.2.7 RUÍDOS

No dimensionamento das redes de abastecimento é necessário limitar algumas variáveis que caso sejam ultrapassadas poderão ser fonte de ruído, por originarem vibrações nas tubagens. Para se evitar estas perturbações no escoamento temos de compreender a natureza das mesmas, adotando técnicas construtivas para minorar a transmissão do som, e limitando grandezas de dimensionamento.

Um dos principais fatores responsável pela ocorrência de ruídos é a existência de velocidades elevadas nas canalizações e das vibrações por elas causadas.

Devido a variações bruscas do caudal provocadas, por exemplo, pelo fecho brusco de algum dispositivo ou paragem do elemento de bombagem, o pico de pressão que se verifica poderá dar origem ao denominado golpe de aríete. Esta sobrepressão no interior da tubagem poderá causar ruídos e danificar as redes principalmente nas zonas das uniões.

Em termos construtivos poderão ser adotados alguns pormenores que podem minorar a propagação do ruído na canalização e na estrutura do edifício. Na figura 6 apresentam-se alguns pormenores gerais construtivos que podem ser adotados. Nas zonas onde se localizam juntas de dilatação a tubagem sofre ajustamentos devido à alteração do gradiente térmico a que estas estão sujeitas, o pormenor construtivo apresentado permite que a tubagem se ajuste a essas variações. Nos atravessamentos e apoios da tubagem à estrutura pode-se aplicar isolamento elástico por forma a evitar a propagação dos ruídos pela estrutura.

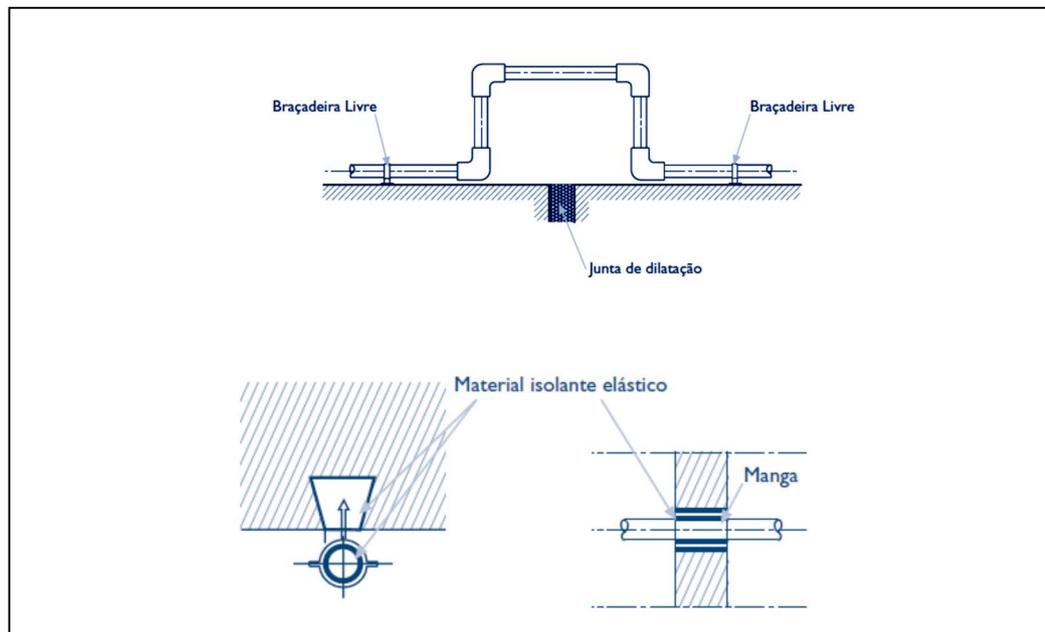


Figura 6 – Recomendações construtivas minimizadoras de condução de ruídos nas tubagens (EPAL,2011)

A acumulação de ar nas tubagens nas zonas de cota superior provoca perturbações no escoamento podendo ser um fator de transmissão de ruído. A instalação de purgadores de ar nos topos da tubagem irão evitar a acumulação do ar, estes acessórios são também aplicados quando a rede de abastecimento for descendente.

3.2.8 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO E PERDAS DE CARGA

Conhecendo o caudal de cálculo de cada troço de tubagem, a determinação do respetivo diâmetro pode ser efetuada utilizando a equação da continuidade (5). A perda de carga unitária em cada troço pode ser calculada recorrendo à fórmula de Flamant (6), [3.1].

$$Q = v \cdot A \Leftrightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \quad (5)$$

$$J = 4b \cdot \frac{7}{v^4} \cdot D^{-\frac{5}{4}} \quad (6)$$

Onde,

A – Área da secção (m²)

D – diâmetro (m)

Q – Caudal (m³/s)

v – Velocidade de escoamento (m/s)

J – Perda de carga unitária

b – Factor caracterizador da rugosidade do material. Para materiais como cobre ou aço inox, $b=0,000152$, para materiais plásticos $b=0,000134$.

Além da perda de carga contínua associada à rugosidade do material, é necessário considerar também as perdas de carga nas singularidades ao longo do traçado. Considera-se um incremento de 20% no comprimento dos troços de tubagem para compensar as perdas de carga localizadas para casos correntes, simplificando o método de cálculo. Para equipamentos ou acessórios que introduzam perdas de carga elevadas como, por exemplo, os contadores pode utilizar-se o método dos comprimentos equivalentes cuja aplicação é descrita em [3.1].

Assim, a perda de carga total será dada pela expressão (7).

$$\Delta H = J \cdot L \cdot 1,20 \quad (7)$$

Onde

ΔH - Perda de carga no troço (m)

J - Perda de carga unitária

L – Comprimento do troço (m)

3.2.9 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PRESSÃO

No final do cálculo da rede procede-se à verificação da pressão no ponto mais desfavorável, ver exemplo na figura 7.

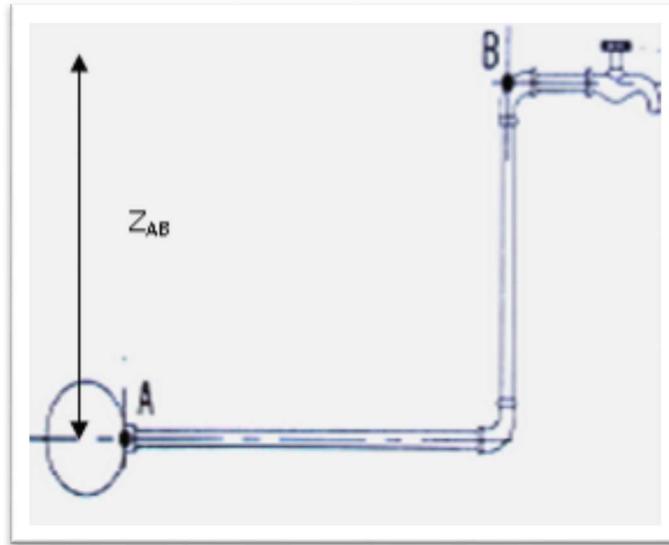


Figura 7 - Verificação da pressão no ponto mais desfavorável (Pedroso, V., 2007)

$$P_B = P_A - Z_{AB} - \Delta H_{AB} \quad (8)$$

Onde

P_A – Pressão no ponto A (m.c.a)

P_B – Pressão no ponto B (m.c.a)

ΔH_{AB} – Somatório das perdas de carga (m)

Z_{AB} – Desnível geométrico entre os pontos (m)

A pressão de escoamento deve estar compreendida entre 150kPa e 300kPa, tal como referido no ponto 3.2.3.

3.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS REDES

3.3.1 TUBAGENS

As tubagens de uma rede de abastecimento predial são constituídas por diferentes materiais com características distintas que deverão ser consideradas aquando da sua instalação. Para a escolha do material a empregar deve-se ter em consideração o tipo de utilização do edifício, a composição da água, a temperatura do fluido e não apenas os factores económicos.

Nas redes domiciliárias podemos ter,

- Tubagens de aço (ferro preto);
- Tubagens de aço galvanizado;
- Tubagens de cobre;
- Tubagens em inox;
- Tubagens de policloreto de vinilo (PVC), apenas aplicado para abastecimento de águas frias;
- Tubagens de polipropileno (PP)
- Tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD), também para águas frias;
- Tubagens de polietileno reticulado (PEX) suporta temperaturas até 95°C.

Na figura 8 podemos ver uma instalação com diversas especialidades. Observando as fotos verifica-se que a instalação das redes prediais no pavimento não está em conformidade com algumas das regras construtivas referidas no regulamento e bibliografia recomendada, tal como a distância mínima entre especialidades.

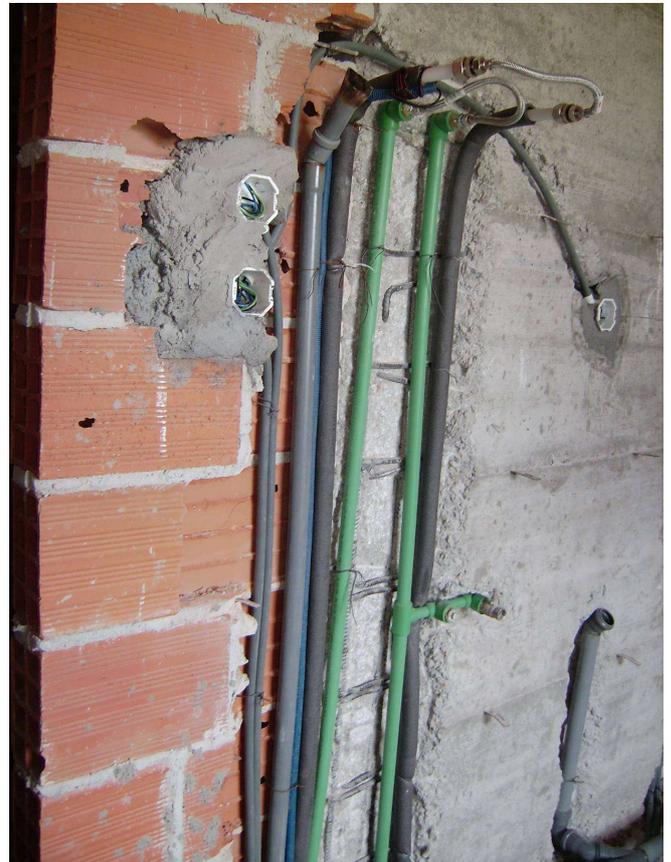


Figura 8 – Instalação de redes prediais de diversas especialidades (Covilhã, 2007)

3.3.2 VÁLVULAS E VENTOSAS

O posicionamento das válvulas e a sua finalidade encontram-se descritos no capítulo IV do RGSPDADAR, nos elementos acessórios das redes.

- Válvula de redução de pressão, órgão de funcionamento automático, projetado para reduzir a pressão de abastecimento, de forma a garantir o correto funcionamento da rede predial, sem risco de rotura das tubagens e prejuízo para os elementos a abastecer. Deverão ser instaladas nos ramais de introdução, sempre que a pressão exceda os 600kPa. Na figura 9 apresentam-se alguns exemplos.



Figura 9 - Redutores de pressão com indicador de pré-regulação, (Catálogo Caleffi, 2017)

- Válvula de retenção, instaladas no sentido do escoamento de forma a poder impedir o refluxo. A instalação destas válvulas deve ser considerada a montante dos aparelhos produtores-acumuladores de água quente e no início de qualquer rede não destinada a fins alimentares e sanitários, (ver figura 10).

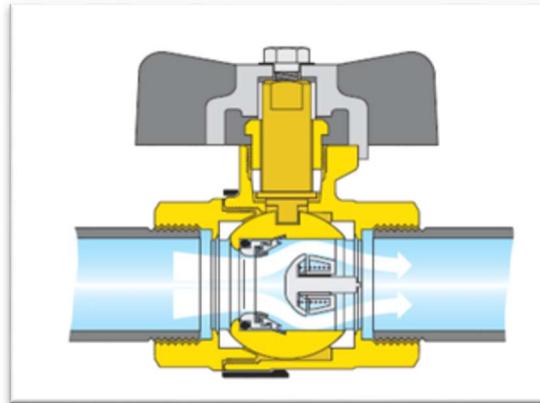


Figura 10 - Válvula de esfera com retenção, (Catálogo Caleffi, 2017)

- Válvula de seccionamento, quando manobrada permite interromper ou restabelecer o fluxo da água, (ver figura 11). Estas válvulas devem ser previstas à entrada dos ramais de introdução individuais, nos ramais de distribuição das instalações sanitárias e cozinhas, a montante dos autoclismos, dos fluxómetros, dos equipamentos de lavagem, dos equipamentos produtores de água quente e a montante e jusante dos contadores.



Figura 11 - Válvulas de segurança de manípulo e de borboleta (Catálogo leroy, 2017)

- Ventosa, órgão destinado à expulsão do ar acumulado num ponto alto da rede e também, na ocorrência de depressão à reposição da pressão atmosférica (ver figura 12).

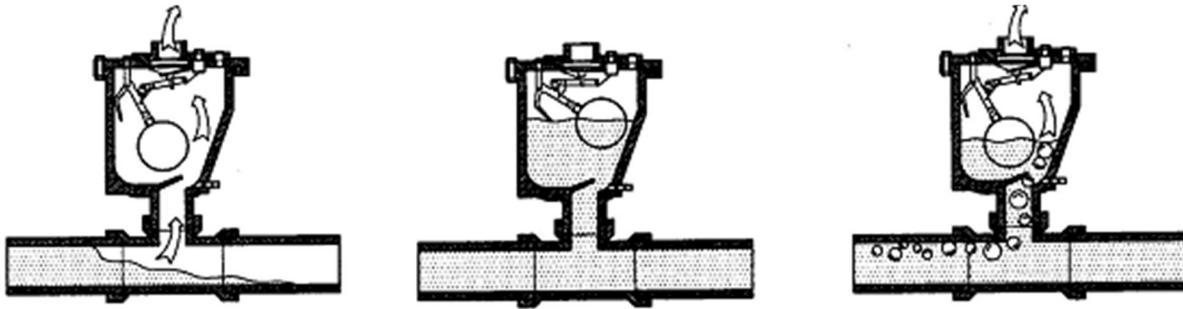


Figura 12 - Válvula de ventosa com esquema de funcionamento. (OpenCourseWare de la Universidad de Sevilla)

3.3.3 CONTADORES

Os contadores poderão ser instalados isoladamente ou constituindo uma bateria. A instalação destes deverá estar de acordo com os requisitos da entidade gestora. Na figura 13 pode-se ver uma instalação de uma bateria de contadores de um edifício multifamiliar.



Figura 13 - Bateria de contadores de um edifício multifamiliar. (Oeiras 2017)

3.3.4 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE

No dimensionamento da rede de água quente deve-se garantir a temperatura mínima a assegurar no ponto mais desfavorável que se encontra mais distante relativamente ao equipamento produtor de águas sanitárias. No dimensionamento de uma rede de distribuição de água, esta não deverá exceder os 60°C na rede de distribuição, este limite superior tem particular interesse na manutenção da rede, pelo motivo de cada material ter especificações próprias em relação a esta matéria. Outro requisito também importante é o revestimento das tubagens com material termicamente isolante de forma a não haver desperdício de energia. A tubagem de água quente em termos de traçado deverá desenvolver-se paralelamente à da água fria, com uma distância mínima de 5 cm, e num plano superior.

Para o dimensionamento da rede de água quente deve-se ter em consideração que,

- O gradiente entre temperatura de saída do equipamento produtor de água quente e do ponto mais desfavorável deve ser $\leq 5^\circ\text{C}$;

A perda de calor E_p , nas tubagens revestidas com material de baixa condutibilidade térmica, é dada pela seguinte expressão:

$$E_p = \frac{\pi \cdot D \cdot \Delta T}{\frac{1}{h_i} + \frac{D}{2 \cdot \lambda} \times \ln\left(\frac{2 \cdot e + D}{D}\right) + \frac{D}{h_e(2 \cdot e + D)}} \quad (9)$$

Onde,

E_p – Calor dissipado (W/m);

ΔT – Diferença de temperatura entre água quente e ambiente ($^\circ\text{C}$);

D – Diâmetro exterior da tubagem (m);

h_e – Coeficiente de convecção exterior ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

h_i – Coeficiente de convecção interior ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

e – Espessura do isolante (m);

λ – Condutividade térmica do isolante ($\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$);

Em termos de simplificação de cálculo da expressão anterior, verifica-se que a relação $1/h_i$ é aproximadamente zero podendo assumir os seguintes valores:

- 16,6 W/m².°C, para velocidade do ar de 2m/s;
- 9 W/m².°C, para velocidade do ar nula.

3.4 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS E PLUVIAIS

3.4.1 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

A rede de drenagem de águas residuais é constituída pelo sistema de rede de coletores, rede de ligação e a rede predial. A figura 14 exemplifica de forma esquemática os vários elementos constituintes de uma rede predial de águas residuais.

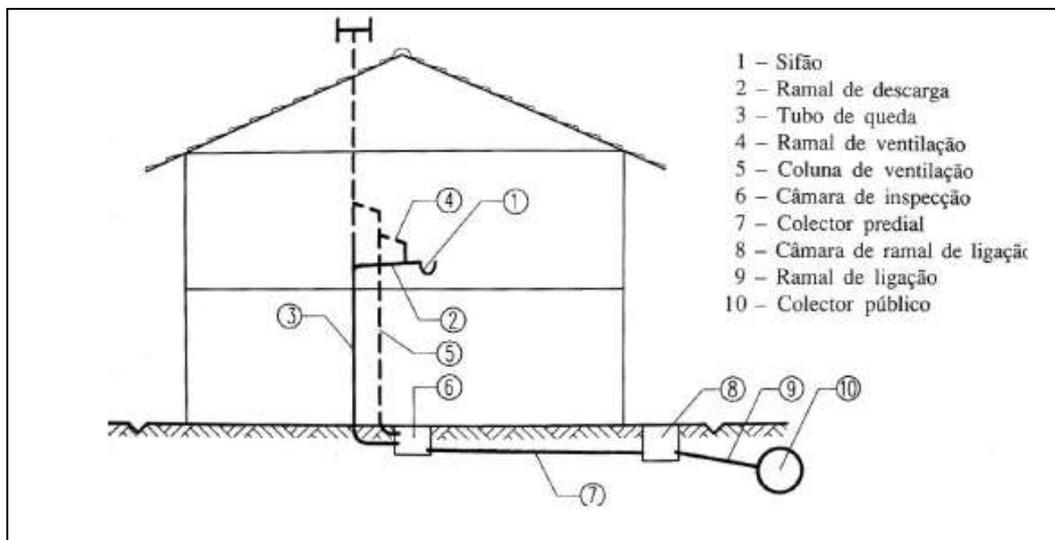


Figura 14 - Sistema de águas residuais domésticas. (Pedroso, V., 2007)

3.4.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA REDE DE DRENAGEM PREDIAL

Os principais elementos da rede de drenagem predial são definidos de acordo com [1.1], [3.1], [3.14] da forma que se apresenta a seguir.

- Ramal de descarga é a canalização que conduz as águas residuais dos aparelhos sanitários ao tubo de queda, ao ramal ou ao coletor predial;
- O ramal de ventilação é a canalização cujas extremidades se situam num ramal de descarga ou no tubo de queda ou numa coluna de ventilação;
- Tubo de queda é a canalização que recebe as descargas dos equipamentos e dos ramais de descarga domésticos e faz o seu transporte para o coletor predial. O seu prolongamento permite ventilar a rede (ventilação primária);

- Colunas de ventilação é a canalização paralela aos tubos de queda que complementam a ventilação primária, constituindo a ventilação secundária;
- Coletores prediais é a canalização privativa do serviço de uma ou várias edificações que recebem todas as descargas, fazendo o seu transporte para um outro tubo de queda ou ramal de ligação.

3.4.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE DOMÉSTICA DE ESGOTOS

3.4.3.1 CAUDAL DE CÁLCULO

Tendo em consideração os equipamentos sanitários existentes, à semelhança do cálculo da rede de abastecimento de água, consultando o anexo XIV do decreto-lei n.º 23/95 de 23 de Agosto [1.1], obtemos o caudal que é descarregado para a rede de drenagem, ver tabela 3.

Tabela 3 - Caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários, características geométricas dos ramos de descarga e sifões. (RGSPDADAR, anexo XIV).

Aparelho	Cauda de descarga (l/min)	Ramal de descarga (mm)	Sifão	
			Diâmetro mínimo (mm)	Fecho hídrico (mm)
Bacia de retrete	90	90		
Banheira	60	40	30	
Bidé	30	40	30	
Chuveiro	30	40	30	
Lavatório	30	40	30	
Máq. de lava-louça	60	50	40	50
Máq. de lava-roupa	60	50	40	
Mictório de espaldar	90	75	60	
Mictório suspenso	60	50	(sifão incorporado)	
Pia lava-louça	30	50	40	
Tanque	60	50	30	

O caudal de cálculo é dado pela seguinte expressão:

$$Q_C = x \cdot Q_a \quad (10)$$

Onde

Q_C – Caudal de cálculo (m^3/s)

x – coeficiente de simultaneidade

Q_a – Caudal acumulado (m^3/s)

Consultando o anexo XV do RGSPDADAR, é dado um ábaco para o dimensionamento do caudal de cálculo, apresentado na figura 15.

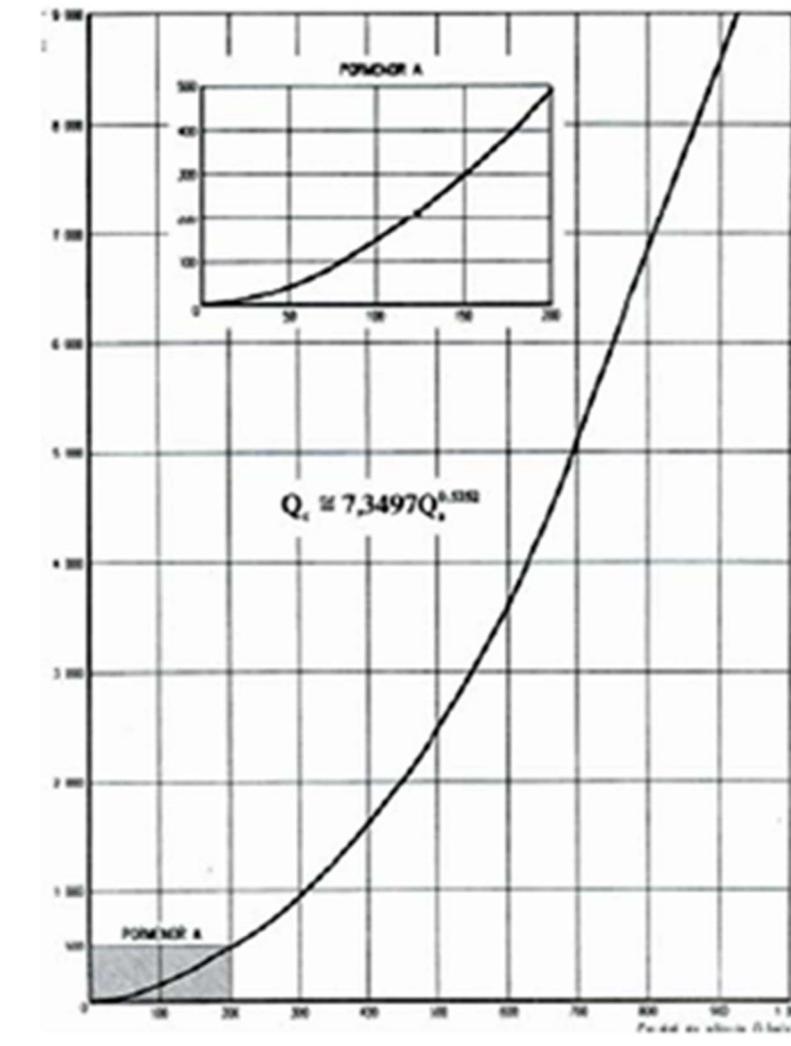


Figura 15- Caudal de cálculo de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados. (RGSPDADAR).

A fórmula apresentada é uma aproximação à curva que permite obter o caudal de cálculo.

$$Q_c \cong 7,3497Q_a^{0,5352} \quad (11)$$

Esta fórmula retirada de [3.1], o caudal de cálculo (Q_c) e o caudal acumulado (Q_a), neste caso, tem como unidades (l/min).

No dimensionamento deve-se considerar uma velocidade de escoamento para águas residuais sem gorduras superior a 0,6m/s ou 1,2m/s no caso de existir teor de gordura considerável.

A consideração deste limite mínimo para a velocidade de escoamento está relacionada com a capacidade de auto-limpeza da rede. Esta capacidade definida com a tensão de arrastamento, é a tensão tangencial média que um escoamento exerce sobre a área molhada numa tubagem e é dada pela equação (12),

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot i \quad (12)$$

Onde,

τ – Tensão de arrastamento (N/m²);

γ – Peso volúmico da água residual (N/m³);

R – Raio hidráulico (m);

i – Inclinação do coletor;

O valor a ter em consideração para o poder de transporte mínimo nas redes de drenagem de águas residuais só pode ser obtido por via experimental, não existindo uma grande unanimidade nos valores referidos por diversos autores. Alguns autores nacionais (Faria e Ribeiro de Sousa) recomendam valores na gama de 2 a 4 N/m², sugerindo o uso do valor 2 N/m² como critério geral [3.12].

Esta verificação permite assegurar a capacidade de auto-limpeza do sistema evitando depósitos de materiais transportados, causando obstruções e perturbações no escoamento.

3.4.3.2 RAMAIS DE DESCARGA

Os ramais de descarga individuais podem ser calculados considerando a secção cheia quando verificadas as condições dispostas no artigo 124.º do RGSPDADAR, utilizando-se a equação (13). Para os ramais não individuais o dimensionamento não deverá exceder a meia secção. Neste caso utiliza-se a expressão (14). A inclinação deverá estar compreendida entre 10 e 40mm/m e os troços verticais dos ramais de descarga não poderão exceder os 2m.

Para secção cheia temos,

$$D = \frac{Q^{\frac{3}{8}}}{0,6459 \cdot K^{\frac{3}{8}} \cdot i^{\frac{3}{16}}} \quad (13)$$

Para meia secção temos,

$$D = \frac{Q^{\frac{3}{8}}}{0,4980 \cdot K^{\frac{3}{8}} \cdot i^{\frac{3}{16}}} \quad (14)$$

Onde

Q – Caudal de cálculo (m³/s)

K – Coeficiente de Manning, que se pode consultar na tabela 4 (m^{1/3}.s⁻¹)

D – Diâmetro interior da tubagem (m)

i – inclinação (m/m)

Tabela 4 - Constante de rugosidade do material. (Pedroso, V., 2007)

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 protecção betuminosa	85
Reboco, grés, ferro fundido novo	80
Betão, ferro fundido com algum uso	75
Ferro fundido usado	70

3.4.3.3 TUBOS DE QUEDA

Para o funcionamento de um tubo de queda deve-se garantir a ventilação do mesmo. Os tubos de queda devem apresentar um diâmetro constante, com o mínimo de 50mm, devendo ser maior ou igual ao maior ramal de descarga que para ele conflui, (ver figura 16).

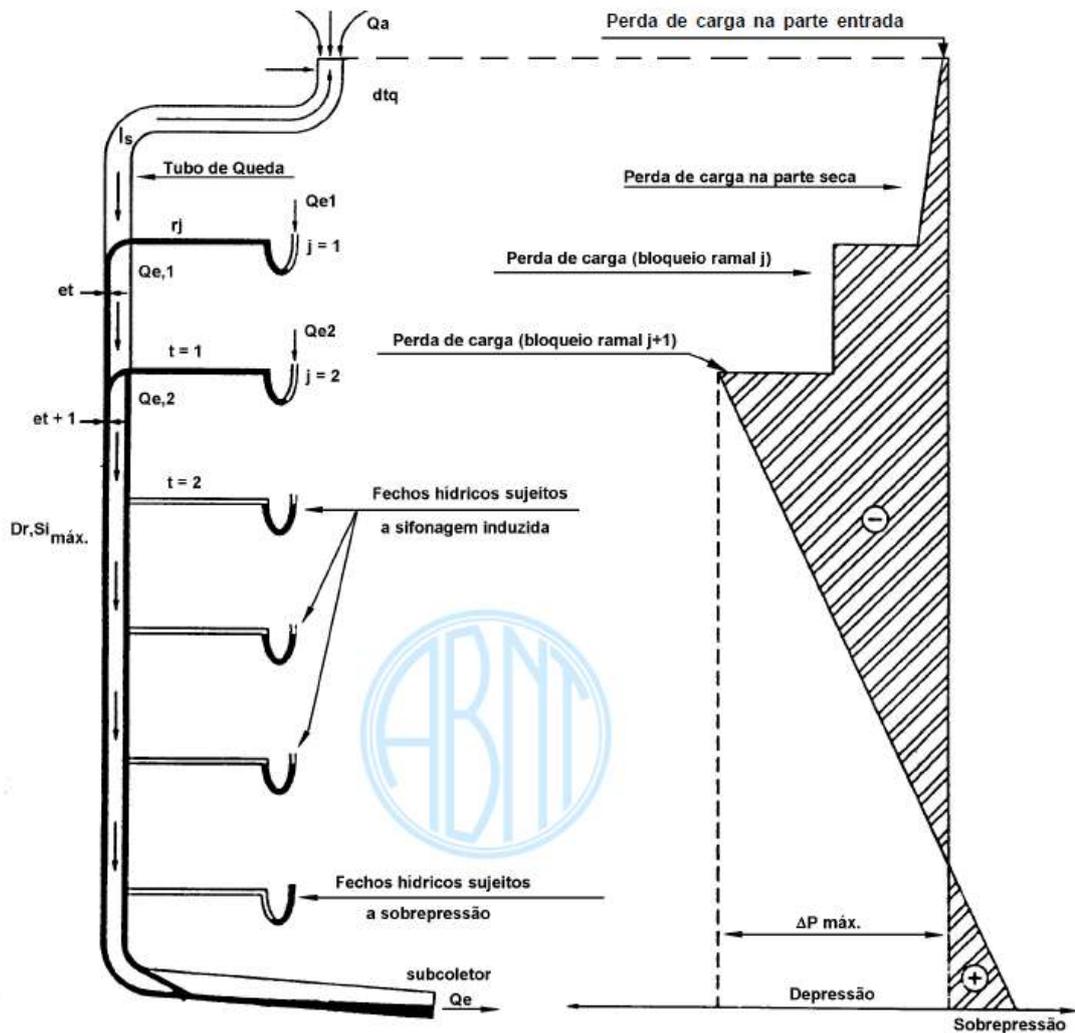


Figura 16 - Esquema de diagrama de pressões num tubo de queda. (NBR8160)

A taxa de ocupação de um tubo de queda é a razão entre a área ocupada pela massa líquida e a área da secção interior do tubo.

$$t_s = \frac{S_{es}}{S_{es} + S_{ar}} \quad (15)$$

t_s – Taxa de ocupação;

S_{es} – Secção ocupada pelo caudal de esgoto (m^2);

S_{ar} – Secção ocupada pelo caudal de ar (m^2).

De acordo com o RGSPDADAR no caso de tubos de queda com ventilação secundária a taxa de ocupação toma o valor máximo de 1/3, no entanto poderá descer até 1/7, com o aumento do diâmetro, de acordo com os valores que se apresentam na tabela 5. Os valores resultam da relação experimental (16) apresentada em [3.1],

$$Q \leq 2,5D \quad (16)$$

Onde

Q – caudal de cálculo (l/min)

D – Diâmetro interior do tubo de queda (mm)

Tabela 5 - Diâmetros dos tubos de queda sem ventilação secundária. (Pedroso, V., 2007)

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

Para o dimensionamento do diâmetro interior do tubo de queda, calcula-se o caudal de cálculo aplicando a equação (10), e tendo em consideração a taxa de ocupação (t_s), aplica-se a seguinte expressão retirada de [3.1] obtendo-se dessa forma o diâmetro.

$$D = 4,4205Q^{\frac{3}{8}} \cdot t_s^{-\frac{5}{8}} \quad (17)$$

A ventilação primária é realizada pela extensão do tubo de queda para o exterior. No anexo XX do RGSPDADAR, ver figura 17, podemos consultar os valores mínimos a considerar no prolongamento da tubagem para assegurar a ventilação.

Os ramais de ventilação deverão ter um diâmetro $\geq 2/3$ dos ramais de descarga, devendo os troços horizontais ter uma inclinação ascendente, no sentido contrário ao do escoamento, com uma inclinação superior a 20mm/m.

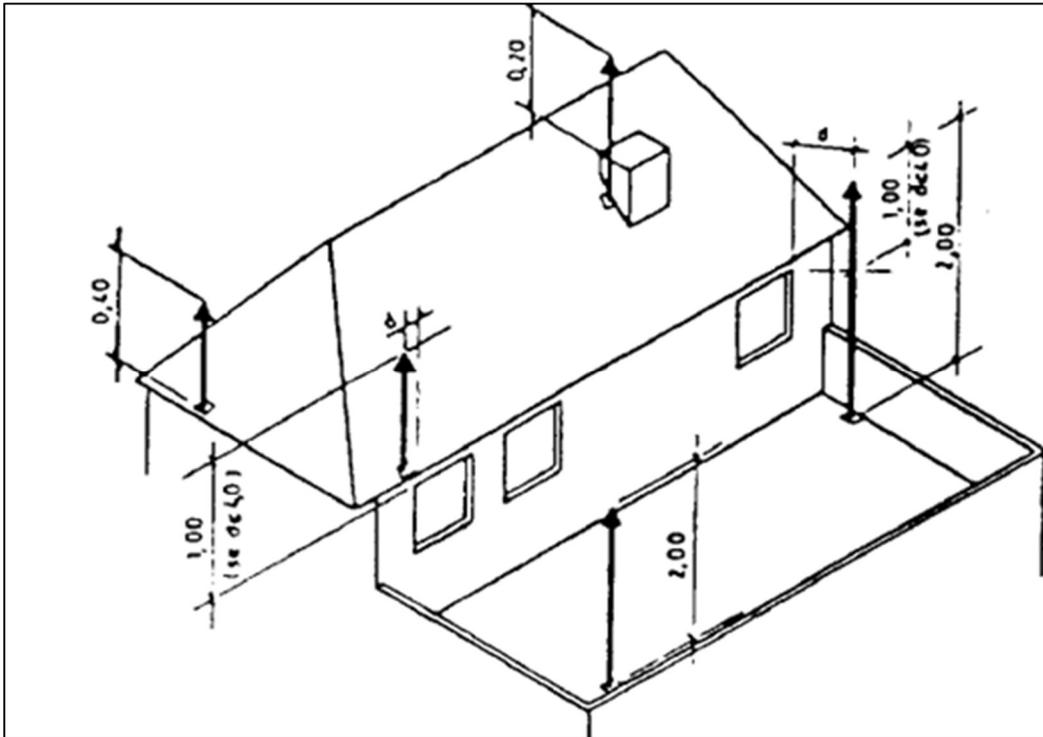


Figura 17 - Abertura para o exterior de tubos de queda. RGSPDADAR.

As bocas de limpeza a prever no tubo de queda deverão estar instalados no mínimo de três em três pisos, (ver figura 18).

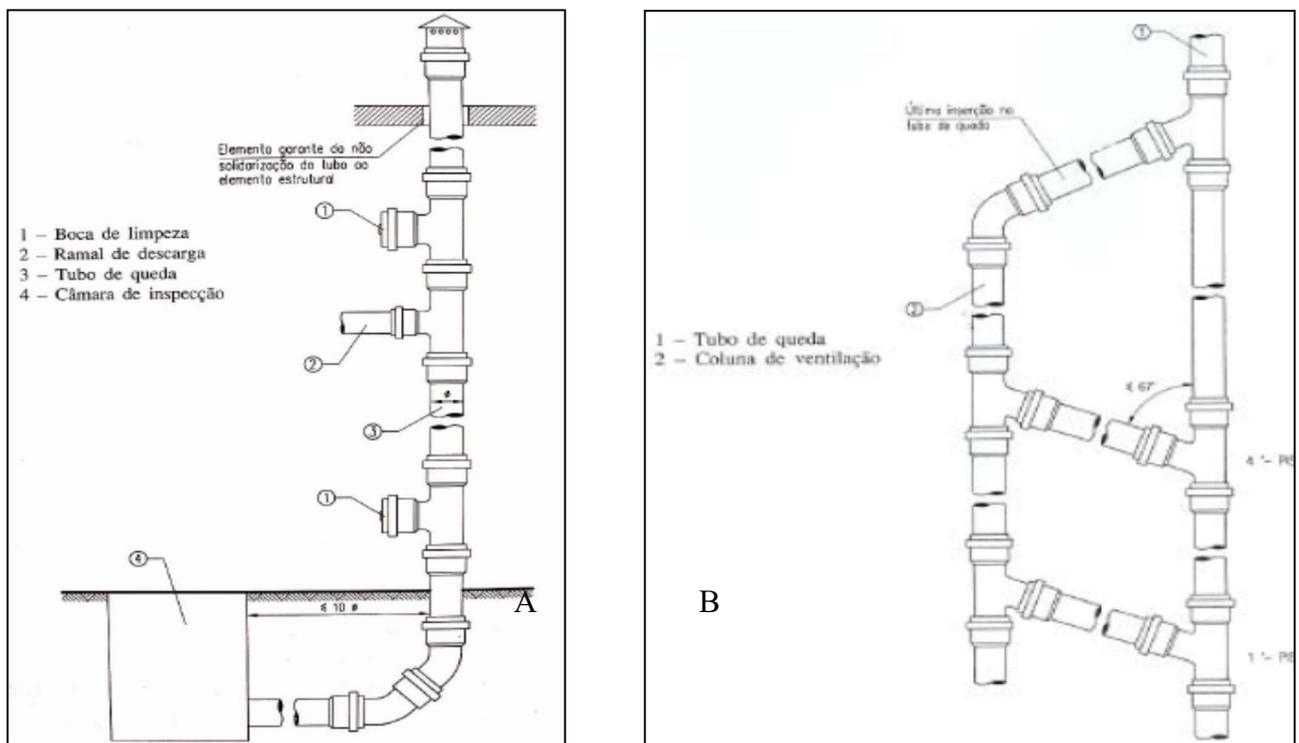


Figura 18 - Pormenor de um tubo de queda com ventilação primária (A) e com ventilação secundária (B). (Pedroso, V., 2007).

De acordo com o artigo 231.º do RGSPDADAR a ventilação secundária deve ser sempre prevista quando se verificar uma das seguintes condições:

$$\begin{cases} Q > 700 \\ H_{\text{tubo de queda}} > 35m \end{cases} \quad (18)$$

Onde

Q - Caudal de cálculo (l/min)

H_{tubo de queda} – Altura do tubo de queda (m);

O diâmetro da coluna de ventilação secundária pode ser obtido consultando o ábaco apresentando no anexo XXI do RGSPDADAR, que se apresenta na figura 19.

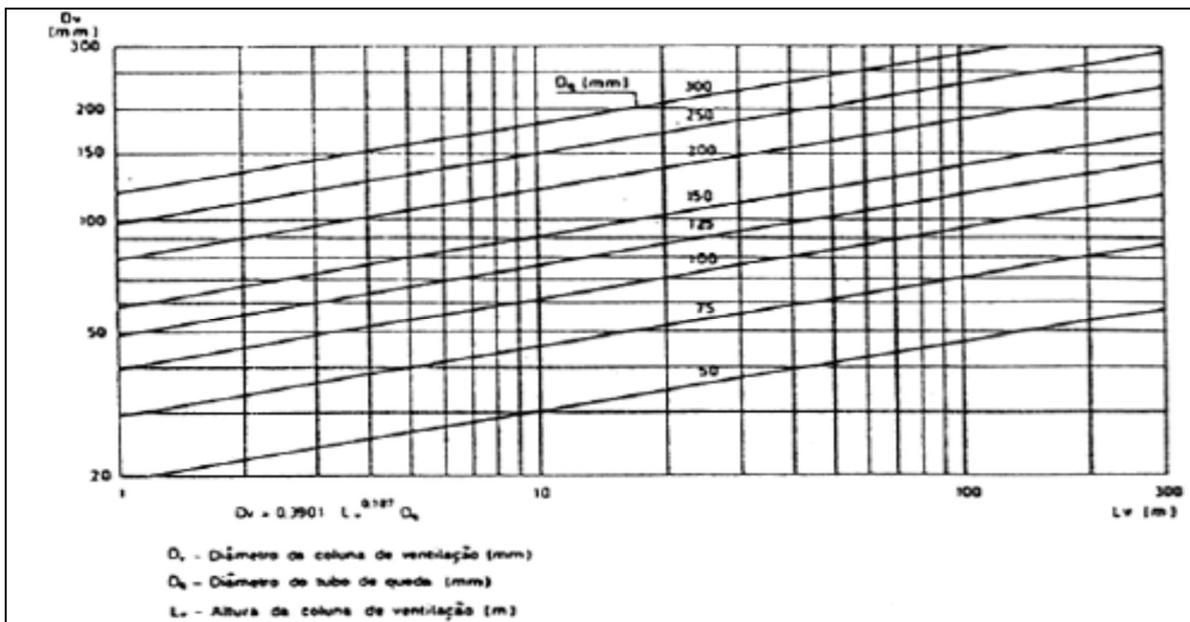


Figura 19 - Dimensionamento de colunas de ventilação secundária. RGSPDADAR.

Este ábaco pode ser traduzido pela seguinte equação,

$$D_v = 0,390 \cdot L_v^{0,187} \cdot D \quad (19)$$

onde,

D_v – Diâmetro da coluna de ventilação (mm)

L_v – Comprimento da coluna de ventilação (m)

D – Diâmetro do tubo de queda (mm)

O ramal de ventilação deverá ser instalado a uma distância, em relação ao sifão, superior a duas vezes o diâmetro do ramal a ventilar e inferior ao obtido pelo ábaco apresentado na figura 20. Uma incorreta instalação poderá provocar anomalias no sistema, visto que os ramos de ventilação têm como finalidade a manutenção do fecho hídrico nos sifões.

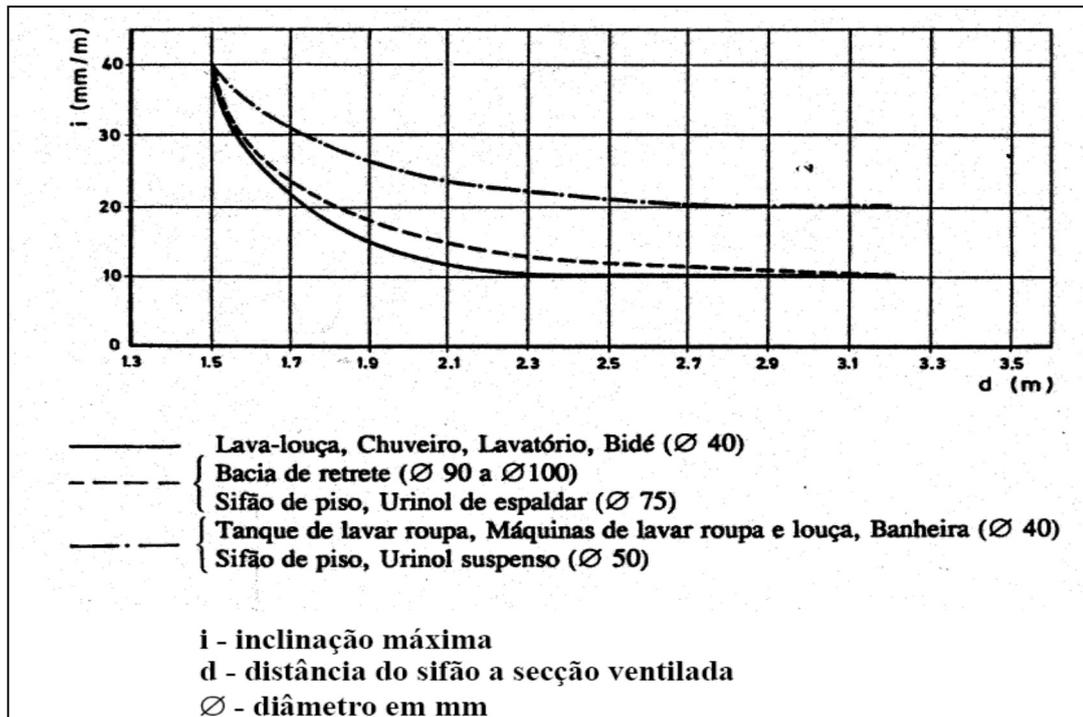


Figura 20 - Distância máxima entre os sifões e as secções ventiladas para escoamento a secção cheia. (RGSPDADAR, anexo XVI)

Os sifões têm como objetivo impedir a passagem dos gases existentes nas canalizações para a atmosfera no interior das edificações, dando origem a odores desagradáveis nos compartimentos. A figura 21 apresenta-se um exemplo de um equipamento com sifão incorporado. Todos os equipamentos devem estar servidos de um sifão, seja individualmente ou em conjunto com outros equipamentos.

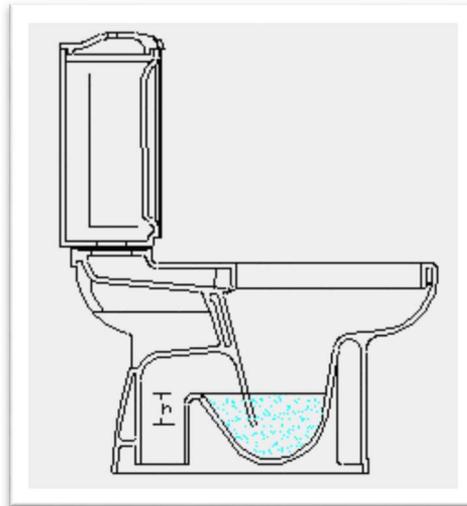


Figura 21 - Sifão incorporado no equipamento sanitário. (Desenho da autora)

A altura do fecho hídrico (h) deve estar compreendida entre os 50mm e os 75 mm para as águas residuais. Os sifões quando não estão incorporados no próprio equipamento não podem estar afastados uma distância superior a 3m deste. O seu diâmetro não deve exceder os dos ramais de descarga, ou ser inferior aos valores indicados na figura 20.

A dupla sifonagem, representada na figura 22, não é permitida por provocar perturbações na drenagem das águas residuais domésticas, podendo impedir o escoamento completo da água contida no aparelho sanitário e provocar a destruição parcial do fecho hídrico do sifão instalado imediatamente a jusante do aparelho, permitindo a passagem de maus odores para o ambiente no interior das edificações [3.13].

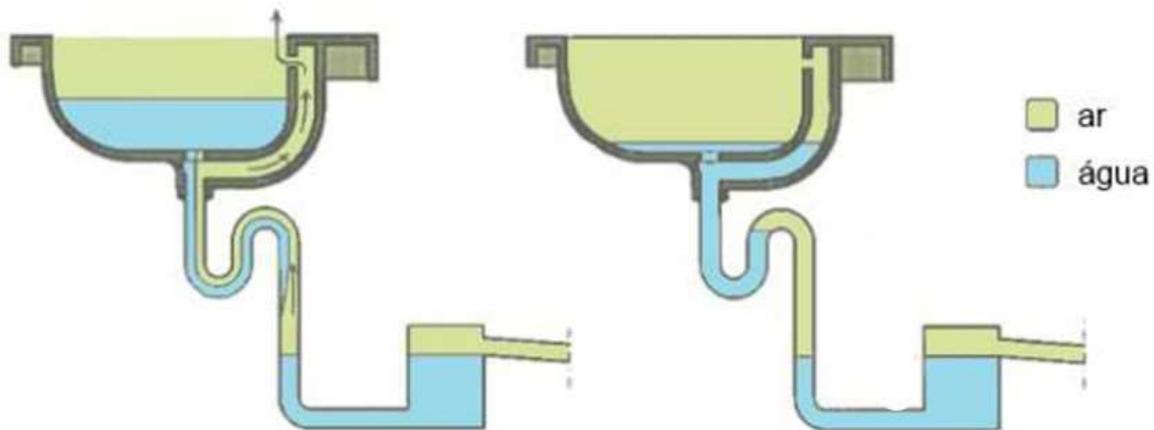


Figura 22 - Dupla sifonagem, S. Palas, Joana.

3.4.3.4 COLETORES PREDIAIS

Os colectores prediais asseguram a condução das águas residuais provenientes dos tubos de queda, ramais de descarga e condutas elevatórias para o ramal de ligação ou para outro tubo de queda. Estes deverão ter um diâmetro com o mínimo de 100mm, e não inferior ao maior diâmetro da canalização conetada ao coletor, sendo o seu dimensionamento feito a meia secção. As câmaras ou bocas de limpeza não deverão distar entre si mais de 15m.

3.4.3.5 RAMAIS DE LIGAÇÃO

Estes completam a ligação da rede predial ao coletor público, apresentando um diâmetro mínimo de 125mm, com uma inclinação entre os 20mm/m e os 40mm/m. O seu dimensionamento também é feito no máximo a ½ secção.

3.4.4 SISTEMA PREDIAL DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema predial de drenagem de águas pluviais é essencialmente constituído pelos elementos que se apresentam esquematicamente na figura 23,

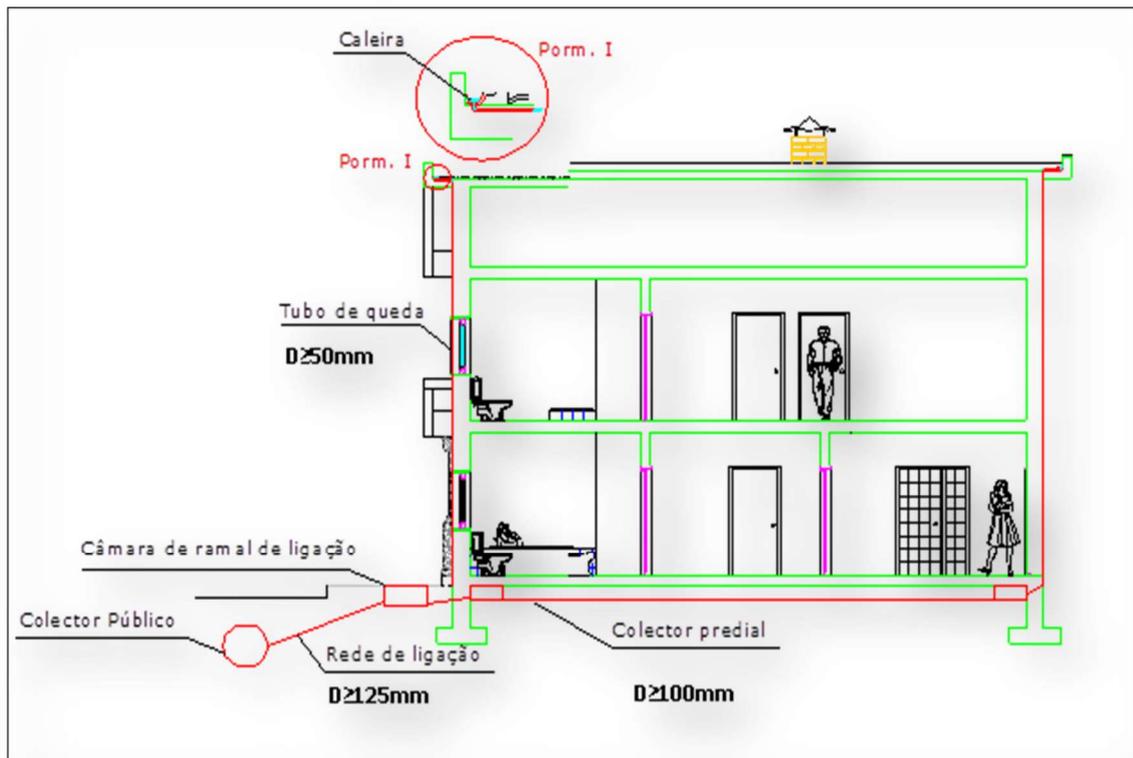


Figura 23 - Rede predial de drenagem de águas pluviais, elementos constituintes e diâmetros mínimos. (Desenho da autora)

Como em algumas zonas não existe coletor público de drenagem de águas pluviais, estas poderão ser conduzidas às valetas dos arruamentos.

A drenagem pode ser feita por gravidade ou com elevação, quando o nível do arruamento se encontra a uma cota superior.

3.4.5 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

3.4.5.1 CAUDAIS DE CÁLCULO

No anexo IX do RGSPDADAR, é apresentada uma figura de Portugal onde se distinguem três zonas pluviométricas, (ver na figura 24). O dimensionamento da rede pluvial tem em consideração a localização da obra na região pluviométrica correspondente.

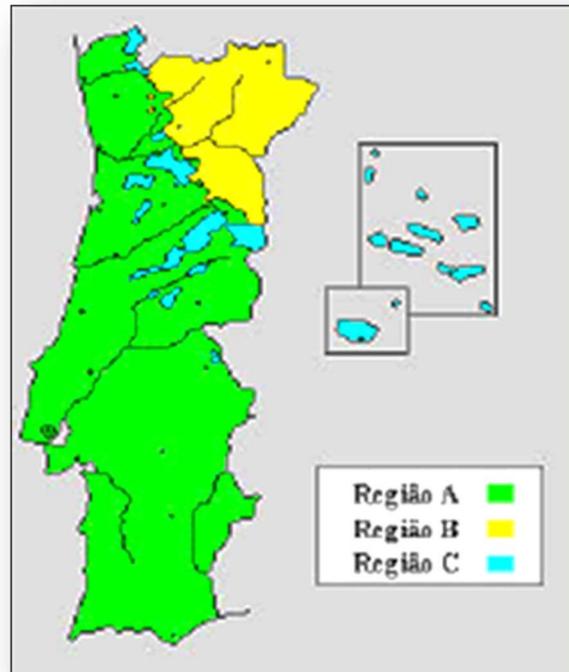


Figura 24 - Regiões pluviométricas, Memória de cálculo - CYPECAD MEP.

O caudal de cálculo é obtido tendo em consideração os valores das intensidades máximas de precipitação para as diferentes regiões. A intensidade de precipitação é calculada aplicando a expressão (20),

$$I = a \cdot t^b \quad (20)$$

Onde

I – Intensidade de precipitação (mm/h);

t – Duração da precipitação (min);

a, b – Constantes dependentes do período de retorno.

O dimensionamento do sistema deverá ser feito para um período de retorno (T) mínimo de 5 anos e uma duração máxima de precipitação (t) de 5 min. Para as diferentes regiões pluviométricas temos os valores de precipitação que se apresentam na tabela 6.

Tabela 6 - Precipitação para T = 5anos e t = 5min.

Região	Precipitação (l/h)
A	105
B	84
C	126

O caudal é então dado por

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600} \quad (21)$$

Onde

Q – Caudal (l/s);

C – Coeficiente de escoamento;

I – Intensidade de precipitação (mm/h);

A – Área a drenar em projecção horizontal (m²)

O coeficiente de escoamento está relacionado com o tipo de terreno, em zonas impermeáveis este toma o valor de 1, para outros casos pode-se consultar o anexo X, do RGSPDADAR que se apresenta em parte na tabela 7.

Tabela 7 - Percentagem de áreas impermeáveis, anexo X, RGSPDADAR.

Tipo de terreno	Inclinação (%)			
	0 a 1	1 a 1,5	1,5 a 8	>8
Arenoso	0,13	0,22	0,31	0,49
Compacto	0,40	0,49	0,58	0,82

3.4.5.2 CALEIRAS E ALGEROZES

Estes dispositivos têm como finalidade a condução das águas pluviais para os ramais de descarga ou para os tubos de queda. A relação entre a altura da lâmina líquida e a altura da caleira não pode ser superior a 7/10, com o risco de esta transbordar podendo provocar infiltrações para o interior das edificações.

Para garantir o escoamento é conveniente que tenha uma inclinação entre os 5 e os 10 mm/m. As caleiras e algerozes podem ter formato semi-circular ou retangular, o que faz diferir o cálculo do raio hidráulico, (ver figura 25).

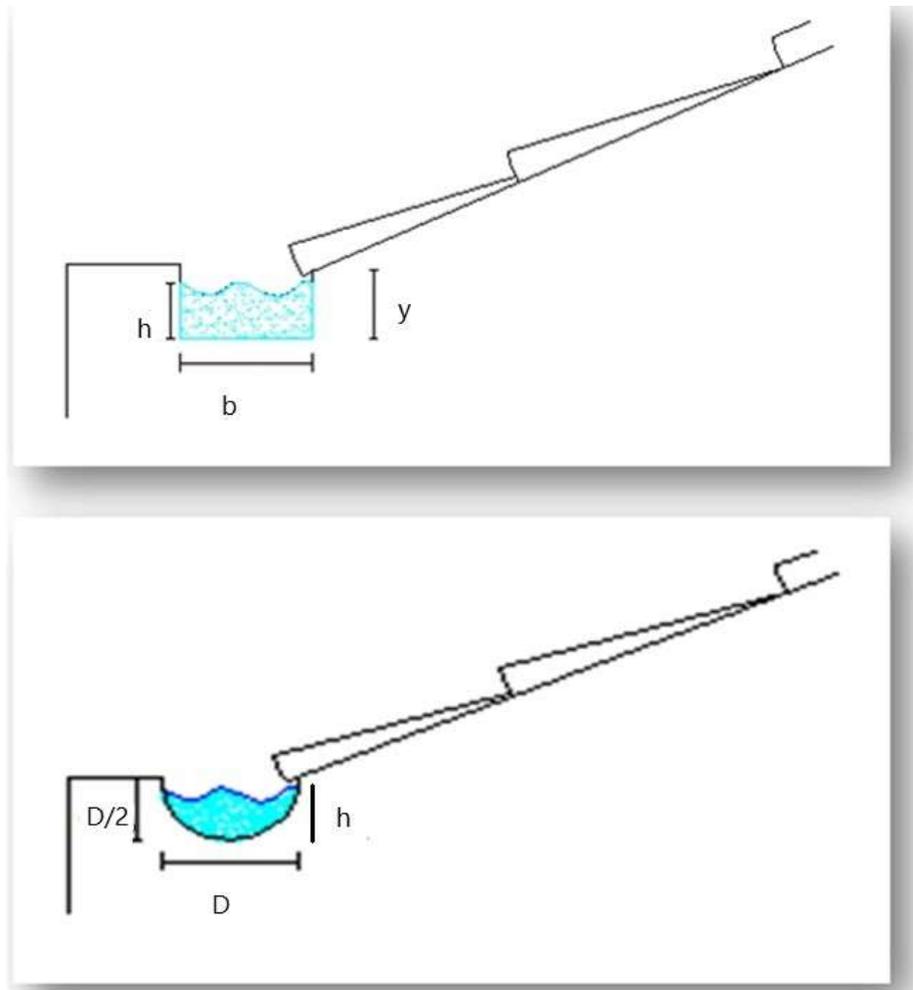


Figura 25 - Lâmina líquida de uma caleira semi-circular e rectangular.

(Desenho da autora)

Para uma caleira semi-circular considerando uma lâmina líquida (h) de $7/10$, obtem-se a expressão (22).

$$h = \frac{7}{10} \cdot \left(\frac{D}{2}\right) = 0,35D \quad (22)$$

Consultando a tabela 8, retirada de [3.1] temos para diferentes alturas da lâmina líquida o raio hidráulico (R) e a área ocupada pelo fluido (A).

Tabela 8 - Grandezas geométricas relativas a secções circulares. (Pedroso, V., 2007).

h/D	A/D²	R/D
0,10	0,04088	0,06352
0,15	0,07387	0,09288
0,20	0,11182	0,12059
0,25	0,15355	0,14663
0,30	0,19817	0,17094
0,35	0,24498	0,19349
0,40	0,29337	0,21423
0,45	0,34270	0,23309

Consultando a tabela 8, para a relação apresentada na expressão (22) temos,

$$A = 0,24498 D^2 \quad (23)$$

$$R = 0,19349 D \quad (24)$$

Para uma secção retangular temos as seguintes relações,

$$A = b \cdot h \quad (25)$$

$$R = \frac{A}{b+2h} \quad (26)$$

Onde

h - Altura da lâmina líquida (m);

D - Diâmetro da caleira semi-circular (m);

R - Raio hidráulico (m)

A - Área ocupada pelo fluido (m²)

y - Altura da caleira retangular (m)

b – Largura da caleira retangular (m)

O caudal é dado pela fórmula de Manning-Strickler apresentada na expressão (27), que deverá ser superior ao caudal fornecido pela equação (21) para a área de drenagem em estudo.

$$Q = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (27)$$

Onde

Q – Caudal (m^3/s)

K – Coeficiente de Manning-Strickler ($m^{1/3}.s^{-1}$)

A – Área da tubagem ocupada pelo fluido (m^2)

R – Raio hidráulico (m)

i – Inclinação (m/m)

3.4.5.3 RAMAIS DE DESCARGA

Os ramais de descarga têm como finalidade a condução das águas provenientes dos dispositivos de recolha, como os ralos, caleiras, etc., para os tubos de queda ou então para o coletor predial. Estes deverão apresentar uma inclinação entre os 10mm/m e os 40 mm/m. O seu diâmetro deverá ser superior a 40mm, com exceção de quando aplicado em ralos de pinha (ver figura 26), onde deverá ter um diâmetro superior a 50mm.

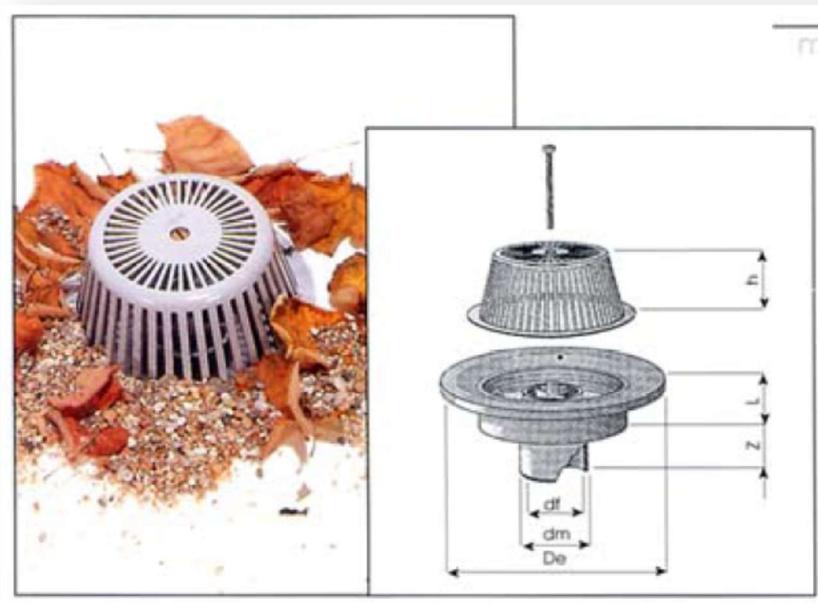


Figura 26 - Ralos de pinha para coberturas planas não acessíveis. (Catálogos novinco, construlink)

A ligação de vários acessórios a um ramal de descarga deve ser feita através de uma caixa de reunião ou de curvas de concordância. Em termos de desenvolvimento vertical, este não pode exceder os 2 m, à semelhança do que foi referido no ponto 3.4.3.2.

O seu diâmetro é calculado tendo em conta o caudal de cálculo, e pode ser feito para uma secção cheia, utilizando a equação (13).

3.4.6 TUBOS DE QUEDA

Os tubos de queda têm como objetivo conduzir as águas pluviais provenientes dos restantes dispositivos para o coletor predial ou valeta. No mínimo devem ter um diâmetro de 50mm, nunca devendo apresentar um diâmetro inferior ao maior dos dispositivos a ele ligados. O seu desenvolvimento deverá ser preferencialmente retilíneo, (ver figura 27).

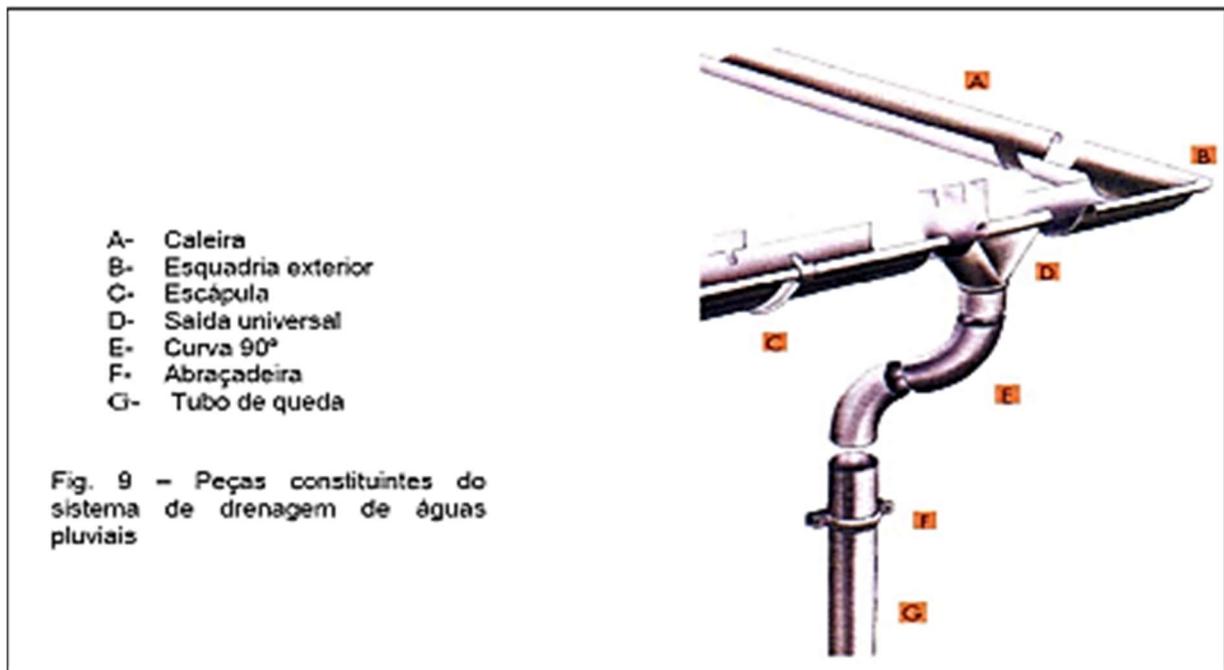


Figura 27 - Pormenor de ligação de uma caleira e tubo de queda. Construlink.

Segundo o anexo XIX do decreto regulamentar, na hipótese do escoamento se processar em descarregador, o caudal de cálculo é dado pela equação seguinte.

$$Q_c = \left(\alpha + 0,35 \cdot \frac{H}{D} \right) \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot \sqrt{2gH} \quad (28)$$

Onde

α – Coeficiente que toma o valor de 0,453 no caso da entrada de caudal no tubo de queda ser de aresta viva ou 0,578 se a entrada for do tipo cónica.

Q_c – Caudal de cálculo (m³/s)

H – Carga no tubo de queda (m);

D – Diâmetro do tubo de queda (m);

g – Aceleração da gravidade (m/s²).

Esta expressão é utilizada quando o tubo de queda tem um comprimento superior ou igual a 4% do diâmetro deste e entrada em aresta viva ou comprimento superior ou igual a 1 (m) e entrada cónica.

O escoamento é considerado accidental no caso de se processar através de um orifício e quando o tubo de queda apresentar um comprimento superior ou igual a 4% do diâmetro deste, aplicando-se a equação (29).

$$Q = C \cdot S \sqrt{2gH} \quad (29)$$

Onde

Q – Caudal escoado (m³/s);

C – Coeficiente de escoamento;

S – Secção do tubo de queda (m²);

g – Aceleração da gravidade (m/s²);

H – Carga no tubo de queda (lâmina líquida) (m).

3.4.7 COLETORES PREDIAIS

Os coletores prediais recebem as águas provenientes dos tubos de queda ou de ramais adjacentes, transportando-a até a câmara de ramal de ligação onde se faz a ligação com o colector público. Estes não deverão ter um diâmetro inferior a 100mm.

O seu dimensionamento é feito aplicando a fórmula de Manning-Strickler, equação (27).

3.4.8 RAMAIS DE LIGAÇÃO

Os ramais de ligação fazem a ligação entre a câmara de ramal de ligação predial e o coletor público. Com um diâmetro mínimo de 125mm, deverão apresentar uma inclinação entre os 20 e 40 mm/m. O diâmetro do ramal de ligação é dimensionado considerando a secção cheia, desde que fique garantida que apenas se destina ao escoamento de águas pluviais.

Capítulo 4 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

4.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS

No dimensionamento das redes prediais, não se tem apenas em consideração o decreto regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto (RGSPDADAR), temos também de ter em conta a localização do projeto e as normas aplicáveis em cada concelho.

Atendendo que o projeto se localiza no concelho de Oeiras, para o dimensionamento da rede de abastecimento de água potável aplica-se o disposto no edital n.º 12/2013 aprovado em 11 de Janeiro de 2013.

No Regulamento de Abastecimento de Água do Município de Oeiras, a velocidade admitida como máxima é de 1,50 m/s, enquanto o RGSPDADAR estabelece que a velocidade de escoamento se deverá situar entre a 0,5m/s e 2,0m/s, ver tabela 9.

Tabela 9 - Valores de projeto para efeitos de dimensionamento preconizados nos documentos normativos, para redes de distribuição de água potável.

	RGSPDADAR	Edital n.º 12/2013/ entidade gestora
Velocidade de escoamento	0,5m/s e 2,0m/s.	1,5 m/s
Pressão da via pública	100 kPa a 600kPa	Mínima 150 kPa
Diâmetro mínimo ramal de ligação	20 mm	-

4.2 PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DO PROJETO

No dimensionamento da rede predial utilizou-se o programa Cypecad Mep, (figura 28). Este programa permite, introduzindo os ficheiros em DXF, DWG ou DWF referentes à arquitetura, a criação da rede e seus constituintes, como tipo de tubagem, válvulas de corte, contadores e dispositivos, executar o dimensionamento automático da rede, emitindo avisos quando as especificações não verificam, permitindo ao utilizador a alteração das mesmas até ao seu cumprimento.

O programa emite um relatório com o cálculo, para além das peças desenhadas (plantas, cortes e isometria). Esse relatório é apresentado como anexo I, onde inclui todos os cálculos efetuados, contabilização dos equipamentos a abastecer entre outros dados, facilitando a elaboração do orçamento.

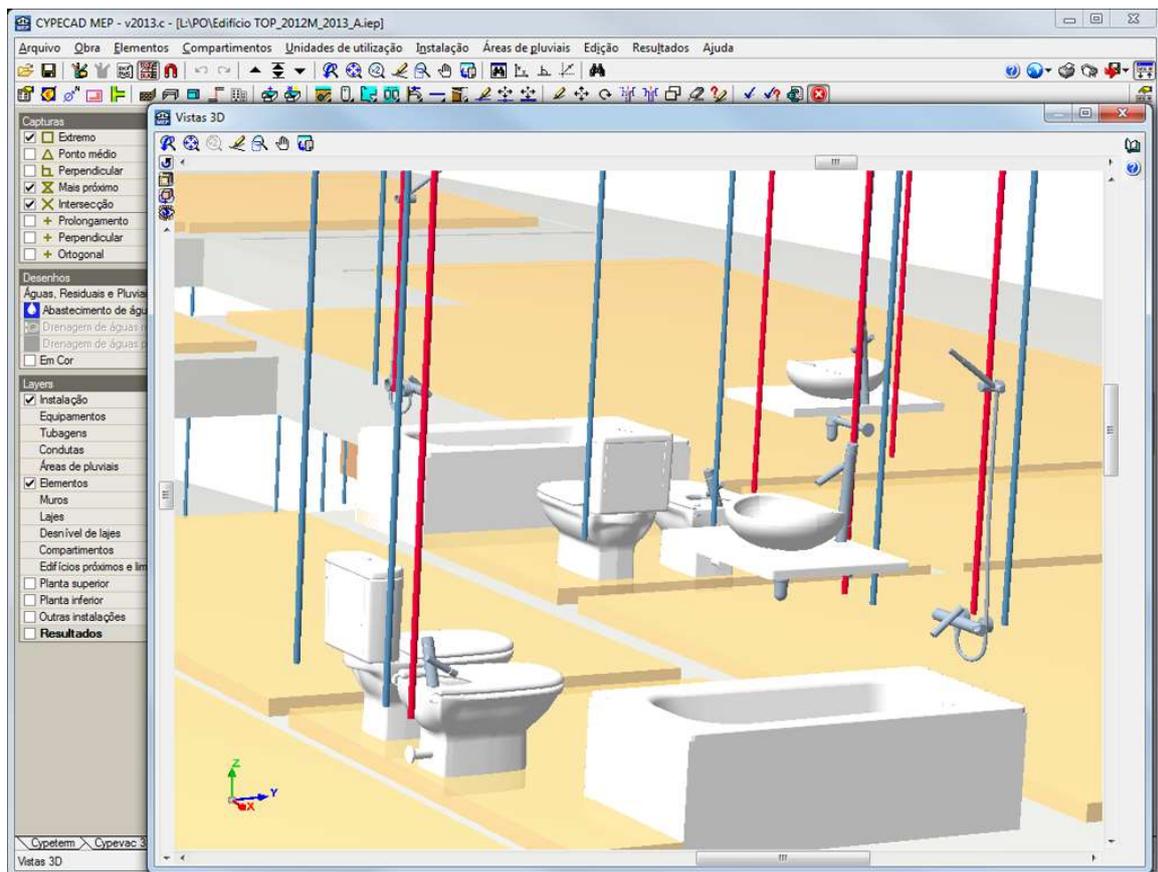


Figura 28 - Layout do software para engenharia e construção, Topinformática.

4.3 DADOS INICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO

Na fase inicial o utilizador estabelece a localização do projeto, os dados da entidade abastecedora (SIMAS) e os restantes valores, sendo alguns dados por defeito.

- Caudais com simultaneidade, conforto médio
- Pressão de abastecimento na entrada: 40 m.c.a. (valor dado por SIMAS)
- Velocidade mínima: 0.5 m/s
- Velocidade máxima: 2.0 m/s

- Velocidade óptima: 1.5 m/s
- Coeficiente de perda de carga: 1,2
- Pressão mínima em pontos de débito: 15 m.c.a.
- Pressão máxima em pontos de débito: 50 m.c.a.
- Viscosidade de água fria: $1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Viscosidade de água quente: $0.478 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
- Coeficiente de resistência: Malafaya-Baptista cuja formulação é similar à de Colebrook-White, mas evita as iterações do cálculo através de uma aproximação, [3.5].
- Perda de temperatura admissível na rede de água quente: 5 °C

4.4 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

4.4.3 TUBAGENS

Para a tubagem da rede de abastecimento de água potável, optou-se pelo seguinte material:

Ramal de ligação - PEAD PN10 - Polietileno de alta densidade, com rugosidade absoluta de 0,02 mm, com uma espessura que deverá ser superior a 3mm para as redes de abastecimento de água sob pressão.

Ramal de distribuição - PMC PN10 - Tubagem multicamada, com rugosidade absoluta de 0,01 mm

4.4.4 EQUIPAMENTOS E PONTOS DE ABASTECIMENTO

Os locais a abastecer localizam-se nas instalações sanitárias e cozinhas, a quantidade de equipamentos pode-se consultar na tabela 10.

Tabela 10 - Tabela resumo dos pontos a abastecer

Referências	Quantidade	
	Bloco A, B,C, D	Bloco E
Consumo genérico: 2.16m ³ /h (Painel solar)	6	3
Máquina de lavar roupa	6	3
Autoclismo de bacia de retrete	6	3
Máquina de lavar louça	6	3
Pia lava-louça com misturadora	6	3
Bidé com misturadora	6	3
Banheira com misturadora	6	3

Referências	Quantidade	
	Bloco A, B,C, D	Bloco E
Lavatório individual com misturadora	6	3

4.4.5 SIMBOLOGIA E TRAÇADO DA REDE

No traçado de uma rede de abastecimento de água, para facilitar a leitura do projeto e a organização do mesmo utiliza-se um conjunto de simbologias que identificam os equipamentos sanitários, acessórios e outros elementos, para isso utiliza-se como base a simbologia proposta no anexo II do RGSPDADAR, em conjunto com outros cuja utilização é corrente. A simbologia é apresentada na figura 29 e encontra-se nas peças desenhadas para facilidade de consulta.

Tendo identificado os pontos a abastecer, procede-se ao traçado da rede (tubagem), tendo em consideração as singularidades arquitetónicas, e caso o projetista detenha essa informação, a proximidade com as restantes especialidades, respeitando os limites mínimos.

O conjunto das peças desenhadas deverá refletir a forma como deverá ser instalada em obra, se inserida pelo pavimento, embutida na parede ou em tectos falsos, etc., terminando nos equipamentos a abastecer. As peças desenhadas são apresentadas no anexo II.

Tabela de símbolos completa	
	Tubo de água fria
	Tubo de água quente
	Tubo Rede solar térmica
Rt	Autoclismo de bacia de retrete
Lv	Lavatório Individual
Be	Torneira de serviço
MI	Máquina Lavar Louça
Mr	Máquina de lavar roupa
LI	Pia lava-louça
Ch	Chuveiro Individual
Ba	Banheira
Bd	Bidé
ST	Solar térmico
	Débitos
	Misturadoras
	Válvula de seccionamento
	Contador
	Válvula de seccionamento geral
	Caldeira
	Esquentador
	Bombas
	Válvula de mistura Termostática
	Válvula de seccionamento anti retorno
	Tamponamento

Figura 29 – Simbologia utilizada nas peças desenhadas do projeto da rede de abastecimento de água potável

4.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a inserção dos dados iniciais e conceção da rede e equipamentos constituintes, o programa de dimensionamento automático produz um relatório. Os troços são numerados sequencialmente enquanto são concebidos e os resultados são apresentados como se pode ver na tabela 11.

Tabela 11 – Extrato do relatório de dimensionamento da tubagem vertical entre os contadores e a entrada dos fogos.

Referência	Planta	Descrição	Resultados	Verificação
V1	Planta 1 - Planta 2	PMC PN10-Ø40	Caudal: 0.72 l/s Caudal bruto: 1.70 l/s Velocidade: 0.84 m/s Perda de pressão: 0.10 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
	Rés-do-chão - Planta 1	PMC PN10-Ø40	Caudal: 1.03 l/s Caudal bruto: 3.40 l/s Velocidade: 1.20 m/s Perda de pressão: 0.35 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
V2	Planta 1 - Planta 2	PMC PN10-Ø40	Caudal: 0.72 l/s Caudal bruto: 1.70 l/s Velocidade: 0.84 m/s Perda de pressão: 0.10 m.c.a. PERCURSO MAIS DESFAVORÁVEL	Cumprem-se todas as verificações
	Rés-do-chão - Planta 1	PMC PN10-Ø40	Caudal: 1.03 l/s Caudal bruto: 3.40 l/s Velocidade: 1.20 m/s Perda de pressão: 0.35 m.c.a. PERCURSO MAIS DESFAVORÁVEL	Cumprem-se todas as verificações

De acordo com este exemplo, o troço ascendente entre o contador e o interior de cada fogo tem um diâmetro de Ø40mm e o relatório inclui uma notificação sobre a verificação dos dados iniciais que o cálculo deverá obrigatoriamente cumprir.

No interior dos fogos temos para diversos troços diâmetros que variam entre os Ø32mm, da entrada do fogo até ao equipamento de aquecimento de águas sanitárias e Ø26mm a Ø20mm nos restantes troços, (ver tabela 12). Como as referências dadas pelo programa não são esclarecedoras relativamente à sua posição nem equipamentos totais a abastecer, as peças desenhadas terão de traduzir essa informação.

Será de salientar que alguns diâmetros foram alterados pelo utilizador, por motivos construtivos. A uniformização da tubagem a utilizar rentabiliza em termos de mão-de-obra a execução da instalação.

Tabela 12 - Extrato da tabela de cálculo do diâmetro das tubagens para o interior de um fogo

Grupo: Planta 1/Planta 2				
Referência	Descrição	Resultados	Verificação	
N2 -> A25	PMC PN10-Ø20 Comprimento: 1.88 m	Caudal: 0.20 l/s Velocidade: 1.13 m/s Perda de pressão: 0.28 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações	
N5 -> N4	PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.58 m	Caudal: 0.40 l/s Caudal bruto: 0.55 l/s Velocidade: 1.28 m/s Perda de pressão: 0.07 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações	

Grupo: Planta 1/Planta 2			
Referência	Descrição	Resultados	Verificação
N5 -> N4	PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.31 m	Caudal: 0.40 l/s Caudal bruto: 0.55 l/s Velocidade: 1.28 m/s Perda de pressão: 0.04 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N5 -> N6	PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.29 m	Caudal: 0.44 l/s Caudal bruto: 0.65 l/s Velocidade: 1.40 m/s Perda de pressão: 0.04 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N5 -> N6	PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.39 m	Caudal: 0.44 l/s Caudal bruto: 0.65 l/s Velocidade: 1.40 m/s Perda de pressão: 0.06 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N5 -> N6	Água quente, PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.43 m	Caudal: 0.44 l/s Caudal bruto: 0.65 l/s Velocidade: 1.40 m/s Perda de pressão: 0.06 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N5 -> N6	Água quente, PMC PN10-Ø26 Comprimento: 0.11 m	Caudal: 0.44 l/s Caudal bruto: 0.65 l/s Velocidade: 1.40 m/s Perda de pressão: 0.01 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N6 -> A23	Água quente, PMC PN10-Ø20 Comprimento: 0.81 m	Caudal: 0.20 l/s Velocidade: 1.13 m/s Perda de pressão: 0.10 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
N6 -> N18	Água quente, PMC PN10-Ø26 Comprimento: 4.28 m	Caudal: 0.36 l/s Caudal bruto: 0.45 l/s Velocidade: 1.16 m/s Perda de pressão: 0.39 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações

Os nós são apresentados numa tabela distinta onde se distinguem os pontos identificados com a letra **A**, seguidos da numeração, que representam o equipamento que abastece. Os nós (com a letra **N**) são singularidades do traçado (curvas, interrupções, etc). Os resultados fornecidos são os indicados na tabela 13, retirada do relatório de cálculo para exemplificar o tipo de informação que fornece.

Tabela 13 – Extrato da tabela de cálculo dos nós

Grupo: Planta 1/Planta 2			
Referência	Descrição	Resultados	Verificação
A23	Nível: Pavimento + H 1 m Cota: 1.00 m PMC PN10-Ø20 Comprimento: 1.00 m Misturadora com consumo de biblioteca: LI	Pressão mínima: 23.54 m.c.a. Pressão máxima: 26.72 m.c.a. Caudal: 0.20 l/s Velocidade: 1.13 m/s Perda de pressão: 0.15 m.c.a. Pressão mínima: 22.40 m.c.a. Pressão máxima: 25.58 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
A25	Nível: Pavimento + H 0.75 m Cota: 0.75 m PMC PN10 – Ø20 Comprimento: 0.75 m Consumo de biblioteca: Mr	Pressão mínima: 26.39 m.c.a. Pressão máxima: 29.57 m.c.a. Caudal: 0.20 l/s Velocidade: 1.13 m/s Perda de pressão: 0.11 m.c.a. Pressão mínima: 25.53 m.c.a. Pressão máxima: 28.71 m.c.a.	Cumprem-se todas as verificações
A26	Nível: Pavimento + H 1 m Cota: 1.00 m PMC PN10-Ø32 Comprimento: 1.00 m	Pressão mínima: 26.65 m.c.a. Pressão máxima: 29.83 m.c.a. Caudal: 0.60 l/s Velocidade: 1.13 m/s	Cumprem-se todas as verificações

Grupo: Planta 1/Planta 2			
Referência	Descrição	Resultados	Verificação
	Consumo genérico (Água fria): St	Perda de pressão: 0.07 m.c.a. Pressão mínima: 25.58 m.c.a. Pressão máxima: 28.76 m.c.a.	
N4	Cota: 2.70 m	Pressão mínima: 23.68 m.c.a. Pressão máxima: 26.77 m.c.a.	
N5	Cota: 2.70 m	Pressão mínima: 24.04 m.c.a. Pressão máxima: 27.14 m.c.a.	
N6	Cota: 2.70 m	Pressão mínima: 20.87 m.c.a. Pressão máxima: 23.97 m.c.a.	

Relativamente ao ramal de introdução da rede de abastecimento de água potável, por não ser possível aglomerar os cinco edifícios na interface do programa Cypecad Mep e calcular o projeto no seu conjunto, o ramal foi dimensionado com o recurso de uma folha de Excel, cujos resultados se apresentam na tabela 14.

Tabela 14 - Extrato da tabela de cálculo do ramal de introdução e de ligação da rede de abastecimento de água potável

Dispositivos	Qa (l/s)	Qc (l/s)	Dcal (mm)	DN (mm)	Ø int (mm)	v(m/s)	J(m/m)
3Rt; 3Lv; 3Bd;3Ba; 3Mr;3MI;3LI	3,3	1,010	35,85	50	39,8	0,81	0,0209
2Rt; 2Lv; 2Bd;2Ba; 2Mr;2MI;2LI	2,2	0,820	32,31	50	39,8	0,66	0,0145
2Rt; 2Lv; 2Bd;2Ba; 2Mr;2MI;2LI	2,2	0,820	32,31	50	39,8	0,66	0,0145
2Rt; 2Lv; 2Bd;2Ba; 2Mr;2MI;2LI	2,2	0,820	32,31	50	39,8	0,66	0,0145
	9,9	1,787	47,70	63	50,4	0,90	0,0185

O relatório de cálculo é apresentado no anexo I, em Memória Descritiva de Cálculo Abastecimento de Água Potável – AG.

4.6 REDE DE ABASTECIMENTO SOLAR TÉRMICO

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, alterado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, a instalação de sistemas solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios novos é obrigatória. De acordo com o despacho n.º 1578-I/2013 o consumo médio diário de referência (M_{AQ5}), calculado aplicando a fórmula seguinte:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad (30)$$

Onde

M_{AQS} - consumo médio diário de referência (l/dia);

n - número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e $n+1$ ocupantes nas tipologias do tipo Tn com $n > 0$.

F_{eh} - Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo setor das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$.

Estas definições foram retiradas de [1.4].

Para o projeto foi proposta uma solução de coletores solares com sistema de termossifão, composto por 1 ou dois coletores, e depósitos com capacidade de 150 e 200 litros que serão instalados na cobertura e abastecerão os fogos isoladamente (tabela 15).

Tabela 15 - Capacidade do depósito do sistema solar térmico

Tipologia	M_{AQS} (l)	Capacidade do depósito (l)
1	80	150
2	120	150
3	160	200

O calculo do caudal instantâneo necessário para a rede solar térmica é apresentado na tabela 16.

Tabela 16 - Necessidades de caudal instantâneo para rede solar térmica por fogo

Dispositivo		Caudal Min. (l/s)	Número de equipamentos	Qa (l/s)
Banheira	Ba	0,25	1	0,25
Bidé	Bd	0,1	1	0,1
Lava-louça	Ll	0,15	1	0,15
Lavatório individual	Lv	0,1	1	0,1
Máquinas de lavar roupa	Mr	0,2	1	0,2

O caudal de cálculo foi obtido de forma analítica tendo em consideração a figura 5 apresentada em 3.2.6, obtendo-se um caudal de cálculo de 0,488 l/s por fogo.

Para o cálculo do diâmetro da tubagem da rede solar térmica considerou o abastecimento de um fogo situado no piso 0, sendo este o troço mais desfavorável. O cálculo é apresentado na tabela 17. Adotou-se uma tubagem para a rede em cobre, pré-isolada e protegida com um filme de copolímero de poliolefina, com proteção adicional mecânica e contra os raios UVA [3.9].

Tabela 17 -Dimensionamento da rede solar térmica

Dispositivos	L [m]	$L_{eq}=1,2 * L$	Altura	Qa (l/s)	Qc (l/s)	Dcal (mm)	DN (mm)	Ø int(mm)	v(m/s)	J(m/m)	ΔH (m.c.a)
1Mr+1Bd+1Lv+1Ba+Ll	25,74	30,888	18,15	0,8	0,488	24,92	35	33,06	0,57	0,016	0,495
	31,34	37,608	-19,34	0,8	0,488	24,92	35	33,06	0,57	0,016	0,603
											1,098

Capítulo 5 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

5.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS

Para a conceção da rede de drenagem de águas residuais considera-se principalmente o regulamento de drenagem de águas residuais dos Serviços Municipalizados de água e Saneamento Oeiras e Amadora e o RGSPDADAR. A tabela 18 apresenta o diâmetro mínimo do ramal preconizado em cada um dos regulamentos.

De acordo com [1.3] as inclinações dos ramais de ligação não devem ser inferiores a 1%, sendo aconselhável que se mantenham entre 2% e 4%, enquanto que para inclinações superiores a 15%, devem prever-se dispositivos especiais de ancoragem dos ramais. No dimensionamento hidráulico-sanitário, a altura do escoamento não deve exceder a meia secção.

Tabela 18 - Valores de projeto para efeitos de dimensionamento preconizados nos documentos normativos, para a rede de drenagem de água residual.

Ramal de ligação	RGSPDADAR	Regulamento de drenagem de águas residuais [13]
Diâmetro mínimo do ramal de ligação	125 mm	140 mm

No que concerne à inserção da rede de ligação na rede de drenagem pública, os regulamentos são coincidentes.

Para efeitos de cálculo, os caudais de descarga dos aparelhos sanitários e características geométricas são os apresentados anteriormente na tabela 3, não existindo diferenças entre regulamentos.

5.2 PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DO PROJETO

À semelhança da rede de distribuição de água, a rede de drenagem de águas residuais é concebida na interface do programa Cypecad Mep, estabelecendo-se os equipamentos, tubos de queda, ramais de ligação, entre outros, e procedendo-se ao dimensionamento. Este programa

fornece os diâmetros e estabelece as inclinações mínimas, sendo estes elementos suscetíveis de serem alterados pelo utilizador.

5.3 DADOS DE DIMENSIONAMENTO

Na tabela 3 são dados os caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários, assim como as características geométricas dos ramais de descarga e sifões, que deverão ser cumpridas.

5.4 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

5.4.1 TUBAGENS

O material adotado foi o PVC, com a ressalva que este deverá apresentar uma espessura superior a 3mm, de forma a suportar o escoamento de águas quentes provenientes da máquina de lavar roupa/louça. A tabela 19 apresenta as características físicas da tubagem em questão.

Tabela 19 - Características físicas das tubagens do tipo PVC

Material	Tensão de Segurança (Mpa)	Condutibilidade térmica (W/°C.m)	Coefficiente de dilatação linear (m/°C.m)
PVC	10,0	0,20	0,00006

5.4.2 EQUIPAMENTOS E PONTOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Os locais a dotar de pontos de drenagem de águas residuais localizam-se nas instalações sanitárias e cozinhas, utilizando-se como base os pontos onde se efectuou o dimensionamento da rede de abastecimento de água. Na cobertura deve ser previsto um ponto para a drenagem da água dos painéis solares, assim como na zona dos contadores para efeitos de manutenção. A totalidade dos equipamentos estão apresentados na tabela 10.

5.4.3 SIMBOLOGIA E TRAÇADO DA REDE

Assim como no ponto 4.4.5, utiliza-se a simbologia proposta no anexo XIII do RGSPDADAR, normalizando dessa forma a representação gráfica e facilitando a leitura, que se apresenta na figura 30. As peças desenhadas são apresentadas no anexo II com a representação dos pontos de drenagem e descrição da tubagem (tipo e diâmetro) assim como a inclinação da tubagem.

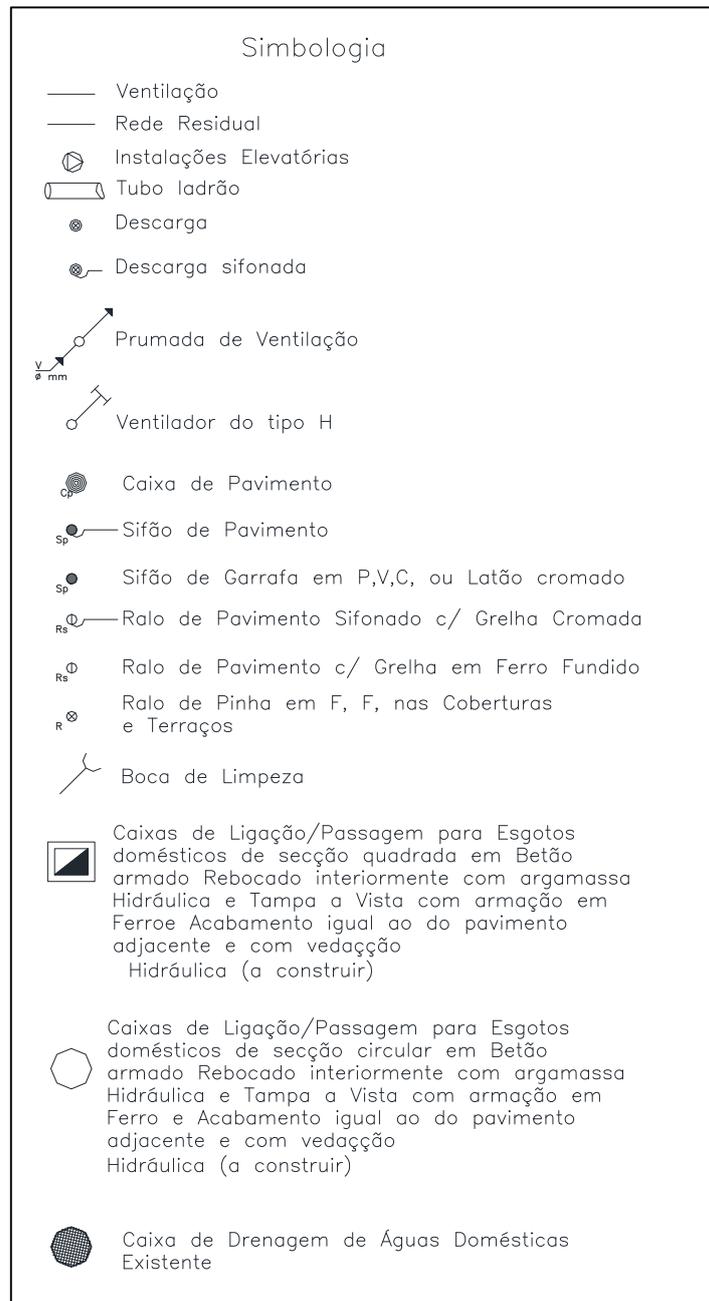


Figura 30 - Simbologia utilizada nas peças desenhadas da rede de drenagem de águas residuais domésticas, adaptada do RGSPDADAR

5.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O relatório de dimensionamento da rede de drenagem de águas residuais domésticas obtido pelo programa automático Cypecad Mep, fornece uma tabela cujo extrato se apresenta

a seguir como exemplo, (tabela 20) onde se indica o diâmetro do tubo de queda, a sua taxa de preenchimento. Os resultados indicam o caudal transportado pelo tubo de queda.

Tabela 20 - Tabela de cálculo dos tubos de queda do bloco A

Referência	Planta	Descrição	Resultados	Verificação
D1, Ventilação primária	Planta 1 - Planta 2	PVC-Ø90, 1/5	Caudal: 90.00 l/min Diâmetro mínimo: 65.34 mm	Cumprem-se todas as verificações
	Rés-do-chão - Planta 1	PVC-Ø90, 1/5	Caudal: 118.38 l/min Diâmetro mínimo: 72.41 mm	Cumprem-se todas as verificações
	Cave - Rés-do- chão	PVC-Ø90, 1/5	Caudal: 147.07 l/min Diâmetro mínimo: 78.55 mm	Cumprem-se todas as verificações

O dimensionamento das tubagens é apresentado numa tabela cujo extrato se apresenta na tabela 21. Os dados mais relevantes retirados da tabela encontram-se na coluna “Descrição” e são o seu diâmetro, inclinação e se o cálculo se efetua a meia secção ou secção cheia.

Tabela 21 – Tabela de cálculo dos ramais de descarga e coletores do bloco A

Referência	Descrição	Resultados	Verificação
A1 -> N8	Ramal de descarga, PVC-Ø90 Comprimento: 0.64 m Inclinação: 2.0 % Tipo de cálculo: Meia secção	Caudal: 90.00 l/min Caudal máximo: 210.41 l/min	Cumprem-se todas as verificações
A2 -> N1	Ramal de descarga, PVC-Ø90 Comprimento: 0.47 m Inclinação: 2.0 % Tipo de cálculo: Meia secção	Caudal: 90.00 l/min Caudal máximo: 210.41 l/min	Cumprem-se todas as verificações
A3 -> A14	Ramal de descarga, PVC-Ø40 Comprimento: 1.42 m Inclinação: 2.0 % Tipo de cálculo: Secção cheia	Caudal: 30.00 l/min Caudal máximo: 40.30 l/min	Cumprem-se todas as verificações

Referência	Descrição	Resultados	Verificação
A4 -> A13	Ramal de descarga, PVC- Ø40 Comprimento: 1.50 m Inclinação: 2.0 % Tipo de cálculo: Secção cheia	Caudal: 30.00 l/min Caudal máximo: 40.30 l/min	Cumprem-se todas as verificações

Esta informação é transposta para as peças desenhadas com a indicação dos dados já referidos e indicados como relevantes.

A rede de coletores de águas residuais domésticas foi dimensionada com o recurso a uma folha de cálculo de Excel. Recorreu-se a este método por não ter sido possível dimensionar em conjunto o projeto de drenagem de águas residuais domésticas dos cinco blocos de habitação no programa Cypecad Mep.

A tabela 22 é um excerto da folha de cálculo que se apresenta no anexo I. A rede de coletores de águas residuais domésticas foi dimensionada aplicando-se a equação (14) com o escoamento a meia secção, considerando uma inclinação de 2% e um K_s de $120 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tabela 22 – Tabela de cálculo da rede de coletores de águas residuais domésticas.

Troços											
Cx i	Cx f	Leq	Qa (l/min)	Qc (l/min)	D cal(mm)	DN (mm)	h	A (m ²)	v (m/s)	Rh	τ (N/m ²)
Cx1	Cx2	15,6	231,46	135,437	70,669	200	0,02423	0,002165	1,043	0,01523	2,984
Cx2	Cx3	7,2	424,78	187,440	79,827	200	0,02833	0,002719	1,149	0,01762	3,453
Cx3	Cx4	6,18	656,24	236,571	87,109	200	0,03171	0,003202	1,231	0,01955	3,831
Cx4	Cx5	12,6	656,24	236,571	87,109	200	0,03171	0,003202	1,231	0,01955	3,831
Cx5	Cx6	10,32	656,24	236,571	87,109	200	0,03171	0,003202	1,231	0,01955	3,831

Capítulo 6 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

6.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS

À semelhança do ponto 5.1 é utilizado para a conceção da rede de drenagem de águas pluviais o regulamento de drenagem de águas residuais dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento Oeiras e Amadora e o RGSPDADAR.

Esta rede é separativa da rede de drenagem de água residual, esta situação encontra-se regulamentada, tanto no regulamento nacional como em [1.3].

6.2 PREPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DO PROJETO

No programa cypcad mep, tendo em consideração a arquitetura define-se a “área de pluviais” [3.4]. Estas áreas são todos os espaços que irão contribuir para a rede de drenagem de águas pluviais, tais como são as coberturas e terraços. Após esta definição são introduzidos os restantes elementos, como os tubos de queda, ramais e acessórios.

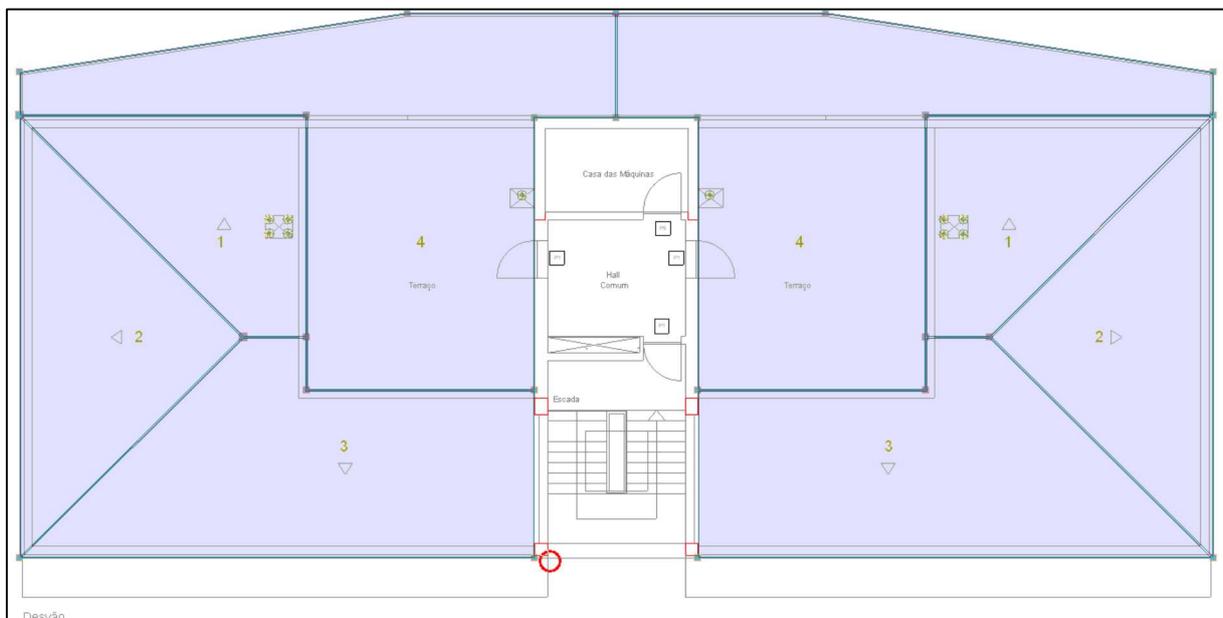


Figura 31 – Definição das áreas pluviais, Manual de Utilizador - CYPECAD MEP.

6.3 DADOS DE DIMENSIONAMENTO

No dimensionamento da rede de drenagem de água pluvial tiveram-se em consideração os seguintes dados iniciais:

- Região pluviométrica: A
- Período de retorno: 5 anos
- Duração da chuva: 5 min
- Intensidade de precipitação: 104,93 mm/h
- Altura de lâmina de água fixa: 15,0 mm, esta altura não deverá superar 0,70 da altura da secção transversal da caleira.

6.4 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

6.4.3 TUBAGENS

O material adoptado para a drenagem as águas pluviais foi o PVC.

6.4.4 EQUIPAMENTOS E PONTOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

As coberturas contribuem para a rede de drenagem de águas pluviais. Serão formadas pendentes, que encaminham as águas pluviais para os tubos de queda.

Deverão ser previstos nos guarda-corpos alguns pontos de descarga para o exterior. Este pormenor construtivo irá funcionar em caso de prevenção numa situação de entupimento dos órgãos de drenagem, a água poderá ser descarregada, evitando acumulação desta na cobertura e possível infiltração para o interior dos fogos. Na figura 32 pode-se ver um orifício de descarga numa cobertura plana em fase de construção e na figura 33 uma caleira de uma cobertura inclinada. Neste último caso, houve necessidade de intervenção na limpeza dos órgãos de drenagem entupidos substancialmente por detritos dos pombos, que provocaram infiltrações para o interior dos fogos imediatamente inferiores.



Figura 32 - Exemplo de um orifício de descarga numa cobertura plana. Oeiras 2017.

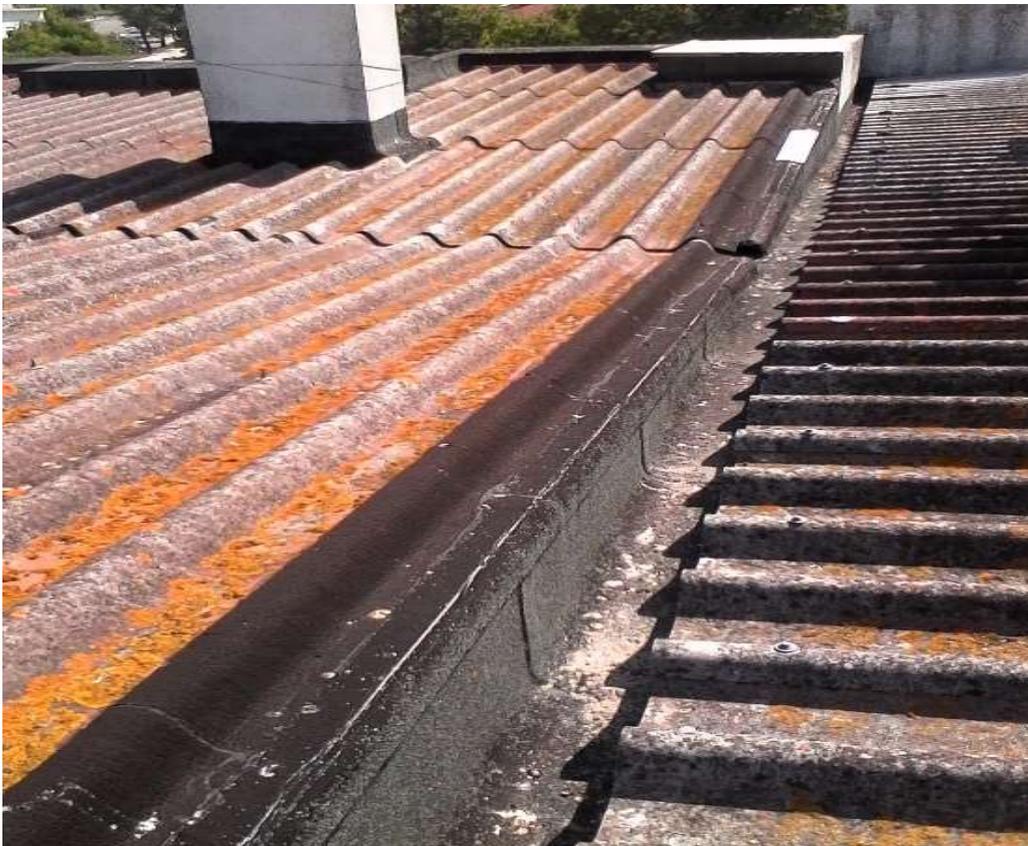


Figura 33 – Exemplo de uma caleira numa cobertura inclinada. Oeiras 2017.

Nas peças desenhadas encontram-se representados os órgãos de drenagem das águas pluviais (pendentes, caleiras, tubos de queda, ramais e colectores).

6.4.5 SIMBOLOGIA E TRAÇADO DA REDE

A simbologia utilizada em projeto é a proposta no anexo XIII do [1.1]. Em alguns projetos, os projeto de drenagem de águas residuais e pluviais são apresentados em conjunto. Neste caso decidiu-se representar as duas de forma independente. A simbologia é a apresentada na figura 34, em alguns pontos coincidente com a da rede de drenagem de águas residuais domésticas.

As peças desenhadas encontram-se em anexo com a representação dos pontos de drenagem e descrição da tubagem (tipo e diâmetro) assim como a inclinação da tubagem.

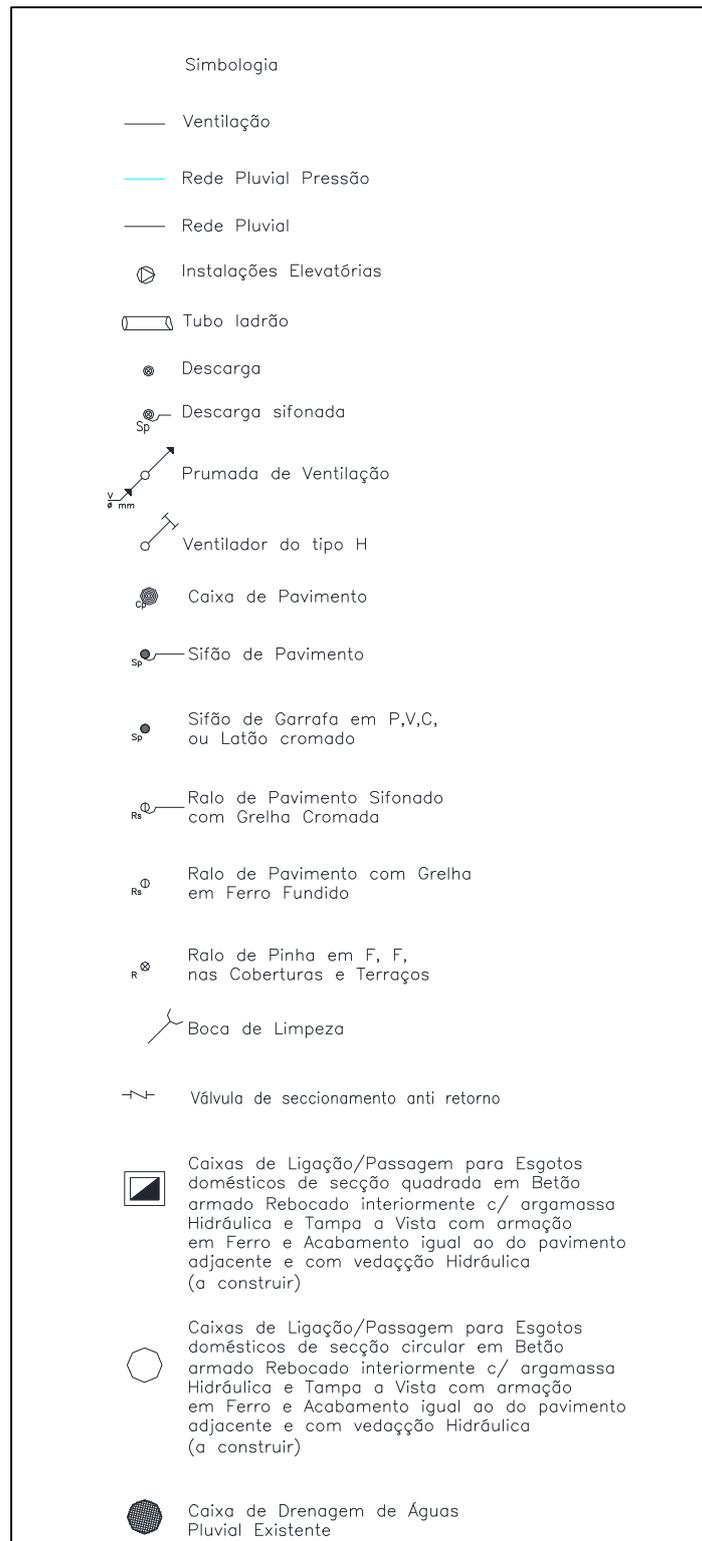


Figura 34 - Simbologia utilizada nas peças desenhadas da rede de drenagem de águas pluviais

6.5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com a definição dos elementos que irão conduzir as águas pluviais aos coletores, o programa produz um relatório de cálculo onde indica o tipo de entrada do tubo de queda e o seu diâmetro, como se poderá ver no extrato da tabela 23.

Tabela 23 - Extrato da tabela de cálculo dos tubos de queda da rede de drenagem de águas pluviais.

Referência	Planta	Descrição	Resultados	Verificação
P1, Cónica	Planta 2 - Cobertura	PVC-Ø90	Caudal: 31.55 l/min Altura de lâmina de água do utilizador: 15.0 mm Altura de lâmina de água calculada: 0.0 mm Área total de descarga: 18.04 m ²	Cumprem-se todas as verificações
	Planta 1 - Planta 2	PVC-Ø90	Caudal: 31.55 l/min Altura de lâmina de água do utilizador: 15.0 mm Altura de lâmina de água calculada: 0.0 mm Área total de descarga: 18.04 m ²	Cumprem-se todas as verificações
	Rés-do-chão - Planta 1	PVC-Ø90	Caudal: 31.55 l/min Altura de lâmina de água do utilizador: 15.0 mm Altura de lâmina de água calculada: 0.0 mm Área total de descarga: 18.04 m ²	Cumprem-se todas as verificações
	Cave - Rés-do-chão	PVC-Ø90	Caudal: 31.55 l/min Altura de lâmina de água do utilizador: 15.0 mm Altura de lâmina de água calculada: 0.0 mm Área total de descarga: 18.04 m ²	Cumprem-se todas as verificações

A rede coletora de drenagem de águas pluviais foi dimensionada com recurso a uma folha de cálculo em excel . A tabela 24 representa um extrato da tabela de cálculo apresentada no anexo I.

Tabela 24 - Extrato da tabela de cálculo da rede coletora de águas pluviais

Caixa inicial	Caixa final	Ks ($m^{1/3} \cdot s^{-1}$)	D cal(mm)	DN(mm)	h	A	v (m/s)	Rh	$\tau(N/m^2)$
Cx1	Cx2	120	41,40	110	0,0202	0,0012	1,2790	0,0123	4,8229
Cx2	Cx3	120	41,40	110	0,0202	0,0012	1,2790	0,0123	4,8229
Cx3	Cx5	120	41,40	110	0,0202	0,0012	1,2790	0,0123	4,8229

As peças desenhadas indicam os aspetos mais relevantes do cálculo, com a indicação da profundidade das caixas de pavimento, comprimento da tubagem, diâmetro e inclinação.

Os cálculos são apresentados no anexo I no documento denominado de Memória Descritiva de Drenagem de Águas Pluviais. Como o projeto de drenagem de águas pluviais, à semelhança das restantes especialidades, foi dimensionado no programa Cypecad Mep considerando cada edifício individualmente, o documento apresentado no anexo I é constituído pelo conjunto dos relatórios produzidos pelo programa de cada edifício num único documento, facilitando a consulta dos dados.

6.6 APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

Numa ótica de reaproveitar as águas provenientes das coberturas, previu-se um sistema que conduz estas para uma rede coletora, sendo depois bombeada para os depósitos de armazenamento. A montante do primeiro depósito será instalado um filtro para depuração das impurezas, que serão por sua vez encaminhadas para a rede pública de águas pluviais.

O grupo hidropressor instalado na casa das máquinas fará a sua bombagem para cada autoclismo.

Foi previsto um sistema de admissão de água da rede pública ao depósito no caso de a utilização ser superior à produção de águas pluviais, com cuidado particular para ambas as redes serem independentes e de forma a não existirem pontos de contaminação. Por esse motivo é instalada uma válvula anti-retorno. Este sistema permite reduzir a utilização de água potável

em usos onde a qualidade desta pode ser inferior. O sistema também é dotado de um by-pass que permite evacuar a água pluvial em excesso em alturas de maior pluviosidade.

6.6.3 DADOS DE DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento de uma rede de aproveitamento de água pluvial, é necessário verificar as necessidades e a disponibilidade da água. Para o projeto em causa, esta rede irá fornecer água aos autoclismos, para um total de 28 equipamentos necessitamos de um caudal acumulado dado pela tabela 25.

Tabela 25 - Caudal de cálculo acumulado

Dispositivo		Caudal Min. (l/s)	Número de equipamentos	Qa (l/s)
Autoclismo	Br	0,1	28	2,8

O caudal de cálculo é de 0,928 l/s.

Existem alguns valores de consumos unitários e anuais, apresentados como indicativos nas especificações técnicas [3.11] que se apresentam na tabela 26.

Tabela 26 – Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização, especificação técnica ANQIP ETA 0701

Quantidade de água necessária		
Wc (l)	8800	l/pessoa (ano)
Jardim (m2)	450	l/m ² (ano)
Limpeza geral	1000	l/pessoa (ano)

Para um total de 81 pessoas nos 27 fogos de habitação, os consumos unitários anuais são apresentados na tabela 27.

Tabela 27 - Consumos anuais para 27 fogos de habitação e sala de condomínio.

		Necessidades anuais (l)
WC	81	712800
Área verde	10500	4725000
	Total (l)	5437800

O restante cálculo encontra-se em anexo nas tabelas de excel, com o dimensionamento da rede coletora que conduz a água pluvial à caixa, seguindo por pressão até aos depósitos.

Capítulo 7 CONCLUSÕES

7.1 SÍNTESE DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Este trabalho pretendeu demonstrar o processo de elaboração e cálculo de um projeto de redes prediais.

Apesar de ser apenas demonstrativo, apresenta os pontos que se consideram serem mais relevantes na execução deste tipo de projeto de especialidade.

Este trabalho incidiu sobre a conceção e dimensionamento de uma rede predial de cinco blocos de habitação. Foram apresentados os projetos de especialidade de abastecimento de água potável e os projetos de drenagem de esgotos e águas pluviais. A estes acrescem os da rede solar térmica e do aproveitamento de águas pluviais para uso doméstico.

Os calculos foram realizados com o recurso a um programa de cálculo automático e através de folhas de cálculo em excel.

Nas peças desenhadas apresenta-se a rede que foi concebida, na qual incidiu o cálculo.

Na primeira parte do trabalho foram apresentados sucintamente alguns aspectos que se consideraram relevantes para a elaboração deste tipo de projeto, sendo a segunda parte constituída pela apresentação do projeto e sua execução.

Este trabalho foi elaborado de acordo com os regulamentos nacionais vigentes e bibliografia correntemente utilizada para a conceção e dimensionamento de redes prediais de abastecimento de água potável e drenagem de águas residuais e pluviais.

Atendendo à durabilidade da instalação da redes predial de abastecimento, tiveram-se em consideração as recomendações propostas pelos regulamentos vigentes, com a adoção de uma velocidade de escoamento que proporcionasse conforto ao utilizador e ao mesmo tempo evitando estagnação da água na rede.

Em questões ambientais e sendo um tema que cada dia se torna mais crucial ter em consideração, apresentou-se uma solução para o aquecimento de águas com recurso a um sistema solar, para além de se prever a instalação de dois depósitos para o aproveitamento de águas pluviais para o abastecimento dos autoclismos.

7.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O programa de cálculo automático Cypecad Mep, sendo uma ferramenta útil e que permite a execução de projetos de especialidade de forma célere em casos correntes, permite ao utilizador uma economia em termos de tempo, pelo motivo de fornecer as peças desenhadas e escritas de forma automática, mas tem as limitações de, em situações fora do comum, a sua utilização se tornar complexa, com um processamento de dados mais lento.

Como atualmente a rapidez é crucial para as empresas, a utilização destes programas de cálculo permite a execução dos trabalhos de forma mais célere, sendo no final necessária a retificação pelo utilizador de alguns itens para o projeto ser mais rigoroso.

Neste caso concreto, o projeto de arquitetura dos cinco blocos de habitação multifamiliar teve de ser inserido de forma independente, os relatórios obtidos individualmente para cada caso foram algomerados pelo utilizador, da mesma forma se elaboraram as peças desenhadas.

Na elaboração dos projetos com recurso a folhas de excel, o utilizador tem um maior controlo na sua execução, mas devido à variabilidade dos projetos, a sua utilização é limitada, sendo necessário sempre adaptar a folha ao projeto, o que poderá dar origem a erros atendendo aos inúmeros itens.

O projetista que utiliza um programa de cálculo automático tem de ter o conhecimento integral das grandezas envolvidas e compreender o procedimento de cálculo e as suas limitações. Este deverá ser crítico nos resultados obtidos e corrigir os mesmos para a obtenção de um produto final com qualidade.

A apresentação das peças desenhadas de forma clara e com a pormenorização das singularidades permite em obra minorar dúvidas e erros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Legislação

[1.1] Decreto-Lei n.º 23/95, de 23 de Agosto, Diário da República – I Série – B, n.º 194 (RGSPDADAR);

[1.2] EDITAL 12/2013 de 11 de Janeiro de 2013- Regulamento de Abastecimento de Água da Câmara Municipal de Oeiras;

[1.3] Câmara Municipal de Oeiras - Regulamento de drenagem de águas residuais dos Serviços Municipalizados de água e Saneamento Oeiras e Amadora, 1996.

[1.4] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, Diário da República, 1.ª Série – n.º 159;

[1.5] Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013, Diário da República, 2.ª Série n.º 234 de 3 de Dezembro de 2013;

[1.6] NBR 8160 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

[2] Internet

[2.1] Simas – Serviços Municipalizados de Oeiras e Amadora - <http://www.simas-oeiras-amadora.pt/#/projetos>;

[2.2] Epal – Grupo de águas de Portugal - <http://www.epal.pt/epal>;

[2.3] Topinformática - <http://www.topinformatica.pt>;

[2.4] Politejo - <http://www.politejo.com/PT>;

[2.5] Alfatubo- www.alfatubo.pt;

[2.6] ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade. - <http://www.itecons.uc.pt/p3e>;

[2.7] Junkers - <https://www.junkers.pt>;

[2.8] Associação nacional para a qualidade das instalações prediais, <http://www.anqip.pt>;

[2.9] Ecodepur tecnologias de protecção ambiental, <http://www.ecodepur.pt>;

[2.10] <https://www.google.pt/maps>;

[2.11] OpenCourseWare de la Universidad de Sevilla, <http://ocwus.us.es/>

[3] Livros e outros documentos

[3.1] M. R. Pedroso, Vitor, Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas, 3ª Edição, LNEC, 2007

[3.2] EPAL, Grupo Águas de Portugal, Manual de Redes Prediais, Versão 4, 2011

[3.3] Lencastre, Armando, Hidráulica Geral, Edição do Autor, Universidade Nova de Lisboa, 1996;

[3.4] Manual de Utilizador, CYPECAD MEP Águas, Residuais e Pluviais

[3.5] Memória de cálculo, CYPECAD MEP Águas, Residuais, Pluviais, Gás, Contra incêndio, Climatização, ITED (2ª Edição) e Electricidade

[3.6] Tubos de Polietileno de Alta Densidade, Politejo CD11R01

[3.7] Alfatubo, “Tubagens para redes de abastecimento de água, saneamento, gás natural, água quente e fria sanitária, aquecimento e cabodutos de energia e comunicações.”

[3.8] Sistemas Solares Térmicos Junkers - Soluções completas para qualquer edifício, Junkers grupo Bosch, catálogo junho 2016

[3.9] Soluções flexíveis para os especialistas em engenharia solar, Armacell engineered foams - the makers of armaflex

[3.10] ETA 0701 - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (Versão 9), ANQIP

[3.11] ANQIP, Especificação técnica ETA 0701 - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (saap)

[3.12] R. Sousa, Eduardo – “Projecto de sistemas de drenagem de águas residuais comunitárias”.

[3.13] S. Palas, Joana – “Redes Prediais – Patologias e Reabilitação de Redes de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais Domésticas, 2013.

[3.14] A. Almeida Torres, José – “ Sistemas de Drenagem em Edificações – Águas servidas e pluviais, 2005.

Anexo 1

Quadro de Cálculos

total imprimir - rede de água

total imprimir - rede de esgotos

total imprimir - rede pluvial

01- caudal acumulado para aproveitamento das águas pluviais

02- rede de distribuição da rede de abastecimento com água pluvial

03- Rede de drenagem de água esgoto - arruamento

04- Rede solar térmica

Anexo 2

Peças desenhadas

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

- AG.01 – Implantação – Cortes
- AG.02 – Planta do piso -1
- AG.03 – Planta do piso 0
- AG.04 – Planta do piso 1 e 2
- AG.05 – Planta da cobertura
- AG.06 – Isometrias
- AG.07 - Pormenores

REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

- EGR.01 – Implantação – cortes
- EGR.02 – Planta piso -1 (cave semi-enterrada)
- EGR.03 – Planta do piso 0
- EGR.04 – Planta do piso 1
- EGR.05 – Planta do piso 2
- EGR.06 – Planta da cobertura
- EGR.07 – Isométricas – Pormenores
- EGR.08 – Perfil A-A' – Pormenor do desvio do tubo de queda à caixa

REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

- EGP.01 – Planta piso -1
- EGP.02 – Planta piso 0
- EGP.03 – Planta piso 1 e 2
- EGP.04 – Planta de cobertura
- EGP.05 – Pormenores
- EGP.06 – Cortes R, J e N
- EGP.07 – Cortes O e Q

EGP.08 – Corte P

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL

AGP.01 – Planta Piso -1

AGP.02 – Planta Piso 0

AGP.03 – Planta Piso 1

AGP.04 – Planta Piso 2

AGP.05 – Planta cobertura