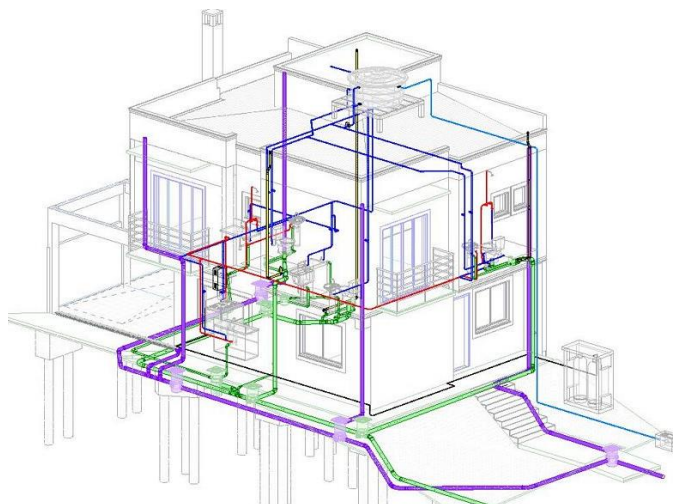




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil



Caraterização e dimensionamento de redes de abastecimento e drenagem de águas em edifícios

JOÃO MARIA NASCIMENTO DE OLIVEIRA VALENTE

(Licenciado em Engenharia Civil)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Civil

Orientadores:

Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Licenciado, Especialista (IPL) Manuel Augusto Gamboa

Júri:

Presidente: Doutora Maria do Carmo Cachão Conde

Vogais:

Doutor Pedro Miguel Soares Raposeiro da Silva

Mestre, Especialista (IPL) António Jorge Guerreiro Rodrigues da Silva e Sousa

Dezembro de 2023

(página em branco)

Agradecimentos

Queria agradecer ao Eng^o Pedro Silva, por ter sido tão prestável e me ter ajudado a terminar este processo.

Com a conclusão desta dissertação, e desta etapa, queria agradecer a todos aqueles, que de certa forma, me ajudaram e ter uma disciplina e motivação extra para terminar este ciclo.

Agradecer à minha namorada Maria, que sempre me apoiou, ouviu e aconselhou.

Aos meus pais, que cada um à sua maneira, sempre acreditaram em mim.

A todos os meus amigos mais próximos que sempre me deram um incentivo para continuar.

Obrigado,

João Maria Valente

Resumo

O funcionamento hidráulico de redes prediais de águas é um assunto relevante na execução de um empreendimento e cabe ao engenheiro um correto dimensionamento e aplicação do mesmo para garantir o abastecimento e drenagem de águas para os seus utilizadores.

Esta dissertação foca-se nas redes de abastecimento de águas e nas redes de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais. No decorrer da dissertação serão abordados aspetos importantes, a nível dos regulamentos legais em vigor, dos aspetos relevantes para um correto dimensionamento e traçado, dos materiais envolvidos na sua conceção e ainda e dos métodos construtivos em fase de obra. Será ainda elaborado um caso de estudo de dimensionamento de redes de abastecimento e drenagem para um edifício, segundo a legislação nacional e europeia, comparados os resultados e tiradas as devidas conclusões.

Com a elaboração deste trabalho pretende-se reunir a informação mais relevante sobre a execução de redes prediais desde a fase de estudo prévio até à fase da construção, com a obtenção de um conhecimento mais abrangente em relação ao tema, fazendo também uma análise crítica sobre os temas em questão.

Para tal, é necessária uma pesquisa e recolha de informação sobre as metodologias de cálculo atuais, técnicas construtivas, requisitos legais necessários para a sua execução assim como boas práticas aconselháveis.

Palavras-chave: Água, rede de abastecimento, rede de drenagem, domésticas, pluviais

Abstract

The hydraulic operation of building water networks is a relevant issue in the execution of a project, and it is up to the engineer to correctly sizing and applying it to ensure the supply and drainage of water for its users.

This dissertation focuses on water supply networks and drainage networks for domestic wastewater and rainwater drainage networks. During the dissertation, important aspects will be addressed, in terms of current legal regulations, relevant aspects for correct sizing and layout, materials involved in its design and construction methods in the construction phase.

A case study will also be addressed on the design of supply and drainage networks for a building, in accordance with national and European legislation, comparing the results and the appropriate conclusions.

With the elaboration of this work, it is intended to gather the most relevant information on the execution of building networks from the preliminary study phase to the construction phase, obtaining a more comprehensive knowledge regarding the topic, also making a critical analysis on the themes in question.

To achieve this, research, and collection of information on current calculation methodologies, construction techniques, legal requirements necessary for their execution as well as advisable good practices are necessary.

Keywords: Water, supply network, drainage network, domestic, rainwater

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO DO TRABALHO	2
1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	2
1.4 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS E LIMITAÇÕES.....	5
2. MATERIAIS, TRAÇADO E INSTALAÇÃO DAS REDES	8
2.1 MATERIAIS	8
2.1.1 Rede de distribuição de águas.....	8
2.1.2 Rede de drenagem residual doméstica	10
2.1.3 Rede de drenagem pluvial	11
2.2 TRAÇADO E INSTALAÇÃO.....	13
2.2.1 Rede de distribuição predial de água	13
2.2.2 Rede de drenagem residual doméstica	17
2.2.3 Rede de drenagem pluvial	22
3. DIMENSIONAMENTO DAS REDES	24
3.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS.....	24
3.1.1 Dimensionamento segundo a norma portuguesa	24
3.1.2 Dimensionamento segundo a norma europeia	34
3.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL.....	36
3.2.1 Dimensionamento segundo a norma portuguesa	36
3.2.2 Dimensionamento segundo a norma europeia	42
3.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL	54
3.3.1 Dimensionamento segundo a norma portuguesa	54
3.3.2 Dimensionamento segundo a norma europeia	60
4. CASO DE ESTUDO	71
4.1 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO	71
4.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS.....	73
4.3 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL.....	75
4.4 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL	76
5. RESULTADOS E CONCLUSÕES FINAIS	80
5.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS.....	80
5.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL	83

5.3	REDE DE DRENAGEM PLUVIAL	85
5.4	CONCLUSÕES FINAIS	88
6.	BIBLIOGRAFIA	91
	ANEXOS	94

Índice de Quadros

QUADRO 3-1 - CAUDAIS MÍNIMOS NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA FRIA OU QUENTE (6)	25
QUADRO 3-2 - Nº DE FLUXÓMETROS EM UTILIZAÇÃO SIMULTÂNEA ANEXO V	27
QUADRO 3-3 - PESOS PARA OS DIFERENTES DISPOSITIVOS	28
QUADRO 3-4 - UNIDADES DE CARGA PARA OS DIFERENTES APARELHOS	34
QUADRO 3-5 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM AÇO GALVANIZADO	35
QUADRO 3-6 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM COBRE	35
QUADRO 3-7 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM AÇO INOX	35
QUADRO 3-8 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM PE-X	35
QUADRO 3-9 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM PVC	36
QUADRO 3-10 - UNIDADES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO PARA TUBAGENS EM MULTICAMADA	36
QUADRO 3-11 - CAUDAIS DE DESCARGA PARA OS DIFERENTES DISPOSITIVOS (6)	37
QUADRO 3-12 - DIÂMETROS MÍNIMOS PARA OS DIVERSOS APARELHOS	39
QUADRO 3-13 - TAXAS DE OCUPAÇÃO DE TUBOS DE QUEDA SEM VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA (6)	40
QUADRO 3-14 - DIÂMETROS NOMINAIS E INTERNOS MÍNIMOS (9)	44
QUADRO 3-15 - UNIDADES DE DESCARGA (UC) PARA REDES DE DRENAGEM RESIDUAL POR SISTEMAS E APARELHOS (9)	45
QUADRO 3-16 - COEFICIENTE DE SIMULTANEIDADE CONFORME O TIPO DE UTILIZAÇÃO	46
QUADRO 3-17 - DIÂMETROS NOMINAIS PARA RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS EM FUNÇÃO DO CAUDAL MÁXIMO	47
QUADRO 3-18 - DIÂMETROS NOMINAIS E LIMITAÇÕES PARA RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS NO SISTEMA 3	48
QUADRO 3-19 - DIÂMETROS NOMINAIS PARA RAMAIS DE DESCARGA E DE VENTILAÇÃO EM FUNÇÃO DO CAUDAL MÁXIMO	49
QUADRO 3-20 - DIÂMETROS NOMINAIS E LIMITAÇÕES PARA RAMAIS DE DESCARGA VENTILADOS NO SISTEMA 3	50
QUADRO 3-21 - LIMITAÇÕES PARA RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS	51
QUADRO 3-22 - LIMITAÇÕES PARA RAMAIS DE DESCARGA VENTILADOS	51
QUADRO 3-23 - DIÂMETRO NOMINAIS PARA TUBO DE QUEDA SEM VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA EM FUNÇÃO DOS CAUDAIS MÁXIMOS ($Q_{MÁX}$)	52
QUADRO 3-24 - DIÂMETRO NOMINAIS PARA TUBO DE QUEDA COM VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA EM FUNÇÃO DOS CAUDAIS MÁXIMOS ($Q_{MÁX}$)	52
QUADRO 3-25 - CAPACIDADE DOS COLETORES PREDIAIS E RESPECTIVAS VELOCIDADES PARA UMA TAXA DE OCUPAÇÃO DE 50%	53
QUADRO 3-26 - CAPACIDADE DOS COLETORES PREDIAIS E RESPECTIVAS VELOCIDADES PARA UMA TAXA DE OCUPAÇÃO DE 70%	53
QUADRO 3-27 - FATORES A E B EM FUNÇÃO DAS REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS E DO PERÍODO DE RETORNO (6)	55
QUADRO 3-28 - GAMAS DE INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO I (10)	61
QUADRO 3-29 - FATORES DE RISCO EM FUNÇÃO DA SITUAÇÃO (10)	61
QUADRO 3-30 - ÁREA DO TELhado EM FUNÇÃO DA INFLUÊNCIA DO VENTO (10)	62
QUADRO 3-31 - FATOR DE CAPACIDADE FL PARA CALEIRAS (10)	66
QUADRO 3-32 - CAPACIDADE DOS ORIFÍCIOS DE DESCARGA (10)	67
QUADRO 3-33 - CAPACIDADE DOS TUBOS DE QUEDA (10)	69
QUADRO 4-1 - TIPOLOGIAS DAS FRAÇÕES	71
QUADRO 4-2 - ALTURA DE INSTALAÇÃO DOS DISPOSITIVOS	74
QUADRO 4-3 - CÁLCULO DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO	77
QUADRO 5-1 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS RAMAIS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	81

QUADRO 5-2 - COMPARAÇÃO DAS PRESSÕES NOS RAMAIS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	82
QUADRO 5-3 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS RAMAIS DE DESCARGA	84
QUADRO 5-4 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS TUBOS DE QUEDA PARA ÁGUAS RESIDUAIS	84
QUADRO 5-5 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS COLETORES PREDIAIS DE ÁGUAS RESIDUAIS	85
QUADRO 5-6 - COMPARAÇÃO DAS SECÇÕES DAS CALEIRAS	86
QUADRO 5-7 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS TUBOS DE QUEDA PARA ÁGUAS PLUVIAIS	86
QUADRO 5-8 - COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS COLETORES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	87

Índice de Figuras

FIGURA 1-1 - COMPONENTES DA REDE PREDIAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (4)	6
FIGURA 1-2 - COMPONENTES DA REDE PREDIAL DE DRENAGEM RESIDUAL (4)	7
FIGURA 1-3 - COMPONENTES DA REDE PREDIAL DE DRENAGEM PLUVIAL (4)	7
FIGURA 2-1 - INCLINAÇÃO RECOMENDA PARA AS TUBAGENS (4)	13
FIGURA 2-2 - DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE TUBAGENS (4)	13
FIGURA 2-3 - ATRAVESSAMENTO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO E ELEMENTOS ESTRUTURAIS (18)	14
FIGURA 2-4 - EXEMPLOS DE LOCALIZAÇÃO DAS BATERIAS DE CONTADORES (18)	15
FIGURA 2-5 - EXEMPLOS DE LIGAÇÕES DE RAMAIS DE DESCARGA (4)	18
FIGURA 2-6 - EXEMPLOS DE LIGAÇÕES DE RAMAIS DE DESCARGA A TUBOS DE QUEDA E COLETORES PREDIAIS (4)	18
FIGURA 2-7 - TIPOS DE INSTALAÇÃO DE RAMAIS DE DESCARGA (4)	18
FIGURA 2-8 - DISTÂNCIA MÁXIMAS ENTRE SIFÕES E AS SECÇÕES VENTILADAS PARA ESCOAMENTO A SECÇÃO CHEIA (6)	19
FIGURA 2-9 - VALORES MÍNIMOS DO PROLONGAMENTO DO TUBO DE QUEDA ACIMA DA COBERTURA (M) (6)	20
FIGURA 2-10 - EXEMPLO DE COLETORES PREDIAIS (4)	20
FIGURA 2-11 - FECHO HÍDRICO (9)	21
FIGURA 3-1 - CURVAS DE TRANSFORMAÇÃO DOS CAUDAIS ACUMULADOS EM CAUDAIS DE CÁLCULO (8)	26
FIGURA 3-2 - CAUDAIS DE CÁLCULO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS EM FUNÇÃO DOS CAUDAIS ACUMULADOS (6)	38
FIGURA 3-3 - ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DE TUBOS DE QUEDA DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS (6)	41
FIGURA 3-4 - ÁBACO PARA O DIMENSIONAMENTO DE COLUNAS DE VENTILAÇÃO SECUNDÁRIA (6)	42
FIGURA 3-5 - RAMAIS DE DESCARGA NÃO VENTILADOS	51
FIGURA 3-6 - RAMAIS DE DESCARGA VENTILADOS	51
FIGURA 3-7 - REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS (6)	54
FIGURA 3-8 - CALEIRA DE SECÇÃO SEMICIRCULAR (4)	56
FIGURA 3-9 - CALEIRA DE SECÇÃO RETANGULAR (4)	57
FIGURA 3-10 - EXEMPLO DE DESCARREGADOR DE SUPERFÍCIE (4)	58
FIGURA 3-11 - DIMENSÕES DA COBERTURA (10)	62
FIGURA 3-12 - SECÇÕES SEMICIRCULARES TIPO OU SIMILARES (10)	63
FIGURA 3-13 - GEOMETRIA DAS CALEIRAS (10)	64
FIGURA 3-14 - ÁBACO PARA DETERMINAR O FATOR DE PROFUNDIDADE, F_D (10)	64
FIGURA 3-15 - ÁBACO PARA DETERMINAR O FATOR DE FORMA, F_S (10)	64
FIGURA 3-16 - ÁBACO PARA DETERMINAR O FATOR DE ALTURA DO ESCOAMENTO, F_H (10)	68
FIGURA 3-17 - EFEITOS DA INCLINAÇÃO DO TROÇO HORIZONTAL DO TUBO DE QUEDA (10)	69
FIGURA 4-1 - LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	71
FIGURA 4-2 - PLANTA DO PISO 0 DIVIDIDA POR FRAÇÕES	72
FIGURA 4-3 - PLANTA DOS PISOS 1,2 E 3 DIVIDIDA POR FRAÇÕES	73
FIGURA 4-4 - COURETTE DE LOCALIZAÇÃO DAS PRUMADAS E CONTADORES	74
FIGURA 4-5 - EXEMPLO DE INSTALAÇÃO SOB O PAVIMENTO	75
FIGURA 4-6 - COBERTURA DO EDIFÍCIO E INDICAÇÃO DAS SUAS INCLINAÇÕES	76

FIGURA 4-7 - ÁREAS A DRENAR.....	78
FIGURA 4-8 - TRAÇADO DA REDE DE COLETORES E CAIXAS PLUVIAIS.....	79
FIGURA 5-1 - REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA E QUENTE PARA A FRAÇÃO 3-D.....	80
FIGURA 5-2 - REDE DE DRENAGEM RESIDUAL PARA A FRAÇÃO 3-D.....	83

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é parte integrante dos nossos sistemas, tanto a nível individual como a nível social. A preocupação com o abastecimento e a drenagem de água é uma questão que remonta à antiguidade, pois o acesso à água potável e a gestão de águas pluviais e residuais sempre foram fundamentais para a sobrevivência das comunidades humanas.

Civilizações antigas, como os sumérios, egípcios, babilônios e romanos, desenvolveram sistemas de abastecimento de água, incluindo aquedutos, poços, reservatórios e canalizações para fornecer água potável às cidades e infraestrutura de drenagem para evitar inundações.

Durante a Idade Média, muitas cidades europeias enfrentaram problemas de abastecimento de água não tratada, o que levou a surtos de doenças transmitidas pela água. No Renascimento, houve um ressurgimento do interesse pela engenharia hidráulica e pela melhoria dos sistemas de água e esgoto.

A Revolução Industrial trouxe uma urbanização em massa e desafios significativos para o abastecimento e drenagem de água nas cidades em crescimento. Isso levou ao desenvolvimento de sistemas de água potável e esgoto mais avançados.

O século XIX testemunhou avanços significativos na engenharia hidráulica, incluindo a implementação de sistemas de tratamento de água e esgoto. A disseminação de conhecimentos sobre a ligação entre água impura e doenças, como a cólera, também impulsionou a regulamentação em muitas áreas.

No século XX, houve um aumento na conscientização ambiental e na preocupação com a sustentabilidade, levando a esforços para proteger as águas superficiais e subterrâneas, bem como para melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem urbana.

Atualmente, a gestão da água é uma prioridade global devido ao crescimento da população, às mudanças climáticas e à necessidade de garantir o acesso universal à água potável e ao saneamento básico.

Como se pode verificar, as preocupações com os sistemas de abastecimento de água e a sua drenagem são cada vez mais exigentes, e a gestão da mesma deve ser feita de forma eficiente.

1.2 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO DO TRABALHO

O abastecimento e drenagem de águas é parte integrante de qualquer projeto habitacional de engenharia civil e influencia diretamente o nosso conforto e saúde enquanto utilizadores e seres humanos. Com a constante evolução tecnológica e com as preocupações atuais em relação a um consumo eficiente da água, é da responsabilidade dos engenheiros estarem a par dos sistemas e técnicas que promovam este consumo consciente da água.

O objetivo deste trabalho passa por um aprofundar de conhecimentos em relação a redes de abastecimento de águas, redes de drenagem de águas residuais e redes de drenagem de águas pluviais, com especial destaque para as questões de regulamentação e normas em vigor, assim como boas práticas recomendadas, metodologia de cálculo e dimensionamento das ditas redes, métodos construtivos, as suas vantagens e desvantagens e a sua influência no funcionamento da redes, e por último materiais a empregar na sua construção.

Para a execução desta dissertação é necessária uma pesquisa profunda sobre os temas em análise, tanto no panorama nacional como internacional, uma análise crítica sobre assuntos pertinentes e as conclusões a serem retiradas.

1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Esta dissertação foca-se nos sistemas prediais de abastecimento de água e de drenagem residual e pluvial, nomeadamente nas abordagens feitas pela legislação nacional e europeia.

A legislação portuguesa relacionada com o abastecimento e drenagem de água em edifícios é composta por um conjunto de normas, regulamentos e decretos que estabelecem os requisitos técnicos e as diretrizes para a conceção, instalação e manutenção dessas redes.

O Código de Águas de 1868 foi um dos primeiros documentos legais em Portugal que abordou questões relacionadas à água. Ele estabeleceu princípios gerais sobre o uso e a gestão dos recursos hídricos em Portugal.

Em 1995, o Decreto Regulamentar 23/95, doravante denominado por DR 23/95, veio aprovar o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, também conhecido como RGSPDA (6) , que é uma das peças mais importantes de legislação no que diz respeito ao abastecimento e drenagem de água em edifícios, que estabelece as regras técnicas a serem seguidas para sistemas de distribuição de água e drenagem de águas residuais em edifícios, incluindo especificações técnicas e requisitos de projeto.

Já em contexto europeu, a EN 806 e a EN 12056 são normas que tratam de aspetos relacionados ao abastecimento de água potável e ao dimensionamento de sistemas de drenagem em edifícios. Estas

normas foram elaboradas pelo Comité Europeu de Normalização (CEN) no ano 2000, com o objetivo de fornecer diretrizes e métodos de cálculo para dimensionar os sistemas.

A EN 806 é a norma para o abastecimento de água em edifícios e tem como objetivos os seguintes pontos:

- ➔ Garantir a qualidade da água potável, estabelecendo diretrizes e requisitos para a qualidade da água potável fornecida em edifícios, assegurando que a água seja segura e adequada para consumo humano;
- ➔ Promover a eficiência e sustentabilidade, promovendo o uso eficiente da água nos edifícios e incentivando a adoção de práticas sustentáveis de gestão e distribuição de água, como a redução de perdas e o uso de dispositivos de água mais económicos;
- ➔ Definir requisitos técnicos para instalações hidráulicas, estabelecendo critérios técnicos para o projeto, instalação e manutenção de sistemas de abastecimento de água em edifícios, incluindo especificações para tubagens, válvulas, conexões e outros componentes;
- ➔ Assegurar a segurança das instalações, visando garantir que as instalações de abastecimento de água sejam seguras, evitando vazamentos, contaminação e outros problemas que possam afetar a saúde dos usuários.

Esta norma está dividida em cinco documentos, divididos por subtemas:

- ✓ *EN 806-1:2000 – Generalidades;* (13)
- ✓ *EN 806-2:2000 – Design;* (14)
- ✓ *EN 806-3:2000 – Dimensionamento da tubagem. Método simplificado.* (15)
- ✓ *EN 806-4:2000 – Instalação;* (16)
- ✓ *EN 806-5:2000 – Operação e manutenção.* (17)

A EN 12056 é a norma para a drenagem de água residuais e pluviais em edifícios e tem como objetivos os seguintes pontos:

- ➔ Dimensionamento adequado de sistemas de drenagem de águas pluviais e residuais em edifícios, garantindo que esses sistemas possam lidar eficazmente com o volume de água esperado em diferentes condições climáticas;
- ➔ Prevenção de inundações e danos, definindo métodos para prevenir inundações, alagamentos e danos causados por águas pluviais e residuais em edifícios, protegendo a estrutura do edifício e a saúde dos ocupantes;
- ➔ Segurança e saneamento, visando assegurar que os sistemas de drenagem sejam projetados e construídos de forma a garantir a segurança e o saneamento das instalações, evitando problemas de contaminação ou mau odor;
- ➔ Compatibilidade com normas ambientais, levando em consideração as preocupações ambientais, promovendo a conformidade com regulamentações relacionadas ao tratamento adequado de águas residuais e ao controlo da poluição.

A norma em questão é a EN 12056:2000 e, assim com a EN 806:2000 está dividida em cinco capítulos:

- ✓ *EN 12056-1:2000 – Generalidades e requisitos de performance; (8)*
- ✓ *EN 12056-2:2000 – Tubagem sanitária, layout e cálculos; (9)*
- ✓ *EN 12056-3:2000 – Drenagem do telhado, layout e cálculos; (10)*
- ✓ *EN 12056-4:2000 – Estações elevatórias de águas residuais – Layout e cálculos; (11)*
- ✓ *EN 12056-5:2000 – Instalação e ensaios, instruções para operação, manutenção e uso. (12)*

Esta dissertação foca-se, essencialmente, nestas duas normas, e também no DR 23/95 (6), para análise dos pontos em foco e está dividida pelos seguintes capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução: Onde são definidas as considerações iniciais sobre o tema em estudo, as motivações e objetivos, descrição dos capítulos, metodologias, limitações e descrição dos sistemas;
- Capítulo 2 – Materiais, traçado e instalação das redes: Neste capítulo são abordados os diversos materiais permitidos e recomendados por cada uma das normas, para as diferentes redes, os traçados que cada rede deve seguir e as implicações, tanto em termos construtivos como em termos de cálculo, que estes tem. É ainda abordada neste capítulo a instalação das redes de um ponto de vista do projetista e também do empreiteiro;
- Capítulo 3 – Dimensionamento da rede: Capítulo em que são apresentadas as diferentes metodologias de cálculo para o dimensionamento das redes de abastecimentos e drenagem segundo as legislações nacional e europeia, com os devidos pressupostos;
- Capítulo 4 – Caso de estudo: É apresentado um caso de estudo, onde são caracterizadas e dimensionadas as redes segundo as metodologias apresentadas no capítulo 3;

- Capítulo 5 – Resultados e conclusões finais – São apresentados os resultados e comparações feitas no capítulo anterior, feitas as devidas constatações de resultados e retiradas as respetivas conclusões.

1.4 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS E LIMITAÇÕES

A presente dissertação, conforme já apontado, foca-se nas redes de abastecimento de água e de drenagem predial, no entanto, estes temas são bastantes abrangentes e dentro dos possíveis prazos e limites foram feitas algumas simplificações nas abordagens.

Dentro do tema da rede de abastecimento de água predial, limitou-se o tema a redes prediais com alimentação direta, ou seja, “quando não se verifica a necessidade de recorrer à utilização de elemento sobrepessor no início da rede predial” (Pedroso, 2007). (4)

Para além desta limitação, não se desenvolve o tema de produção de água quente na presente dissertação, abordando-se apenas o dimensionamento da rede de água fria e quente, mas não a caracterização de equipamentos de produção de água quente, nem o seu dimensionamento.

No tema da drenagem residual e pluvial desenvolve-se apenas a drenagem gravítica, ou seja, que é apenas feita através da gravidade e que descarrega no coletor público sem recurso a elevação através de bombagem.

Para se caracterizarem e se desenvolver com especificidade o tema das redes prediais de abastecimentos de água, é necessário, em primeira instância, definir-se os elementos constituintes dos sistemas prediais, como tal, segue-se agora com uma breve descrição dos mesmos (Paixão, 1999) (3) e a sua representação na Figura 1-1:

- “Ramal de ligação: Canalização privativa do serviço de um prédio, compreendida entre o limite deste e a canalização do sistema público de distribuição, ou entre esta e qualquer dispositivo de utilização exterior ao prédio”;
- “Ramal de introdução: Canalização compreendida entre a coluna, ou o limite do prédio, e o contador de água privativo do utente”;
- “Coluna de alimentação: Canalização vertical, derivada de um ramal de distribuição”;
- “Ramal de distribuição coletivo: Canalização horizontal que alimenta colunas ou ramais de introdução”;
- “Ramal de distribuição individual: Canalização horizontal que serve os diferentes ramais de alimentação”;
- “Ramal de alimentação: Derivação do ramal de distribuição individual, alimentadora de um conjunto de dispositivos de utilização”;

- “Dispositivos de utilização: Órgão ou aparelho fixado nas saídas das canalizações da rede de distribuição para permitir a utilização de água pelos consumidores”.

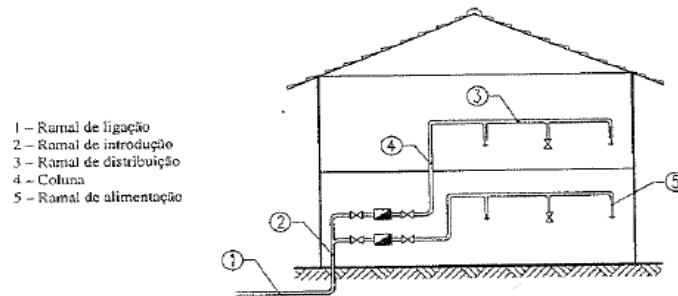


Figura 1-1 - Componentes da rede predial de abastecimento de água (4)

Todos estes elementos, em particular os ramais, têm de ser considerados e pensados com bastante precaução por parte do projetista pois a sua deficiente instalação ou dimensionamento resultará num sistema com pouca fiabilidade e conforto para os utentes.

As redes de drenagem residual domésticas são compostas por vários elementos, nomeadamente os descritos em seguida (Pedroso, 2007) (4) e expostos na Figura 1-2:

- “Ramais de descarga: Canalização destinada ao transporte das águas provenientes dos aparelhos sanitários para o tubo de queda ou coletor predial”
- “Ramais de ventilação: Canalização destinada a assegurar o fecho hídrico nos sifões, quando tal não seja feito de outra forma”;
- “Tubo de queda: Canalização destinada a aglutinar em si as descargas provenientes dos pisos mais elevados, a transportá-las para o coletor predial e a ventilar a rede predial e pública”;
- “Colunas de ventilação: Canalização destinada a completar a ventilação feita através de um tubo de queda”;
- “Coletores prediais: Canalização destinada a aglutinar em si as descargas dos tubos de queda e dos ramais de descarga provenientes do piso adjacente, e transportá-las para outro tubo de queda ou ramal de ligação”;
- “Ramal de ligação: Canalização compreendida entre a câmara de ramal de ligação e o coletor público de drenagem, destinada a conduzir as águas residuais provenientes da rede predial para a rede pública”;
- “Acessórios: Dispositivos a intercalar nos sistemas, no sentido de possibilitar as operações de manutenção e conservação e a retenção de determinadas matérias, e de garantir as condições de habitabilidade dos espaços ocupados”.

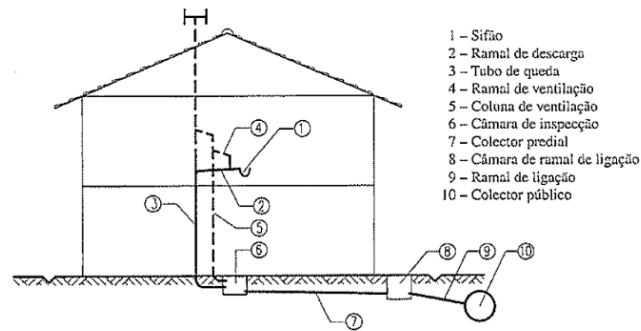


Figura 1-2 - Componentes da rede predial de drenagem residual (4)

Já os sistemas de drenagem de águas residuais pluviais são constituídos pelos seguintes elementos (Pedroso, 2007) (4):

- “Caleiras e algerozes: Dispositivos de recolha destinados a conduzir as águas para ramais ou tubos de queda”;
- “Ramais de descarga: Canalização destinada ao transporte das águas provenientes dos dispositivos de recolha (ralos, etc.) para o tubo de queda ou coletor predial”;
- “Tubos de queda: Canalização destinada a aglutinar em si as descargas provenientes das zonas de recolha e a transportá-las para o coletor predial ou valeta”;
- “Colunas de ventilação: Canalização destinada eventualmente a ventilar poços de bombagem, compreendida entre estes e a abertura para a atmosfera”;
- “Ramal de ligação: Canalização compreendida entre a câmara de ramal de ligação e o coletor público, que se destinada a conduzir as águas residuais da rede predial para a pública”;
- “Acessórios: Dispositivos a intercalar nos sistemas, no sentido de possibilitar as operações de manutenção, retenção e garantia de boas condições de habitabilidade dos espaços”.

Na Figura 1-3 vê-se os vários elementos da rede de drenagem pluvial de um edifício.

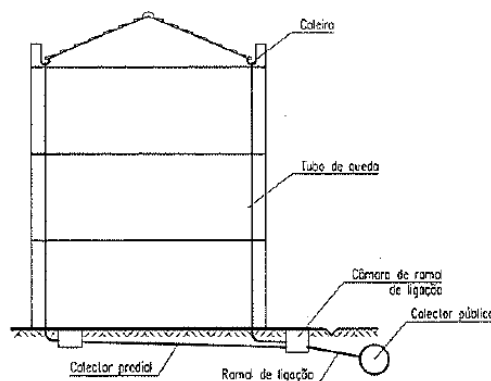


Figura 1-3 - Componentes da rede predial de drenagem pluvial (4)

2. MATERIAIS, TRAÇADO E INSTALAÇÃO DAS REDES

No presente capítulo abordam-se os materiais recomendados e legais, os traçados mais indicados e a sua respetiva instalação para se garantir a segurança e funcionalidade, para as redes de distribuição predial de água, de drenagem residual e de drenagem pluvial.

São evidenciadas as legislações portuguesa e europeias, no seguimento do que é proposto elaborar ao longo desta dissertação, fazendo a sua comparação e analisando pontos comuns e divergentes.

2.1 MATERIAIS

2.1.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS

Para a rede de distribuição predial de água, a norma portuguesa, DR 23/95 (6), define no artº99 que os materiais referentes a tubagens interiores podem ser em aço inox, aço galvanizado, cobre ou PVC rígido (no caso de redes de água fria), entre outras. Atualmente, são também muito utilizadas tubagens plásticas ou semi-plásticas, que apesar de não estarem incluídas no artº99, são apontadas no “*Manual de redes prediais*” da EPAL (18). O artº99 define ainda que as redes de água fria com instalação no exterior podem ser de ferro fundido, fibrocimento, polietileno ou PVC rígido.

Para a seleção do tipo de material constituinte das redes de distribuição de água fria e quente deve-se ter em consideração, entre outros, os seguintes fatores:

- Condições de aplicabilidade e características mecânicas do material;
- Velocidade do escoamento;
- Temperatura da água;
- Níveis de conforto e de desempenho;
- Custo da tubagem

A norma EN806-2 (14) refere que todos os materiais, componentes e dispositivos utilizados na construção de um sistema de distribuição de água potável devem estar em conformidade com padrões de produtos CEN apropriados ou diretrizes de aprovação técnica europeia, quando aplicável. Quando não aplicável ou disponível, as diretrizes nacionais ou locais prevalecem.

A norma indica ainda que o projeto e a seleção dos materiais devem ter em consideração as condições de serviço e a qualidade da água.

A EN806-2 (14) define também fatores que devem ser levados em consideração na seleção dos materiais utilizados para o sistema de distribuição predial de água, nomeadamente:

- O efeito que o material provoca na qualidade da água;
- Vibrações, tensões e assentamentos a que a tubagem estará sujeita;
- Pressão interna da água na tubagem;
- Temperaturas internas e externas;
- Compatibilidade de diferentes materiais;
- Envelhecimento, fadiga, durabilidade e outros fatores mecânicos;
- Compatibilidade com os diferentes materiais

No anexo A da norma EN806-2 (14) é indicada a lista de materiais, e componentes, permitidos para a rede de distribuição predial, dos quais se destacam:

1. Cobre e ligas de cobre:

- Tubagem;
- Acessórios, conexões, válvulas e torneiras;
- Curvas e conexões para soldagem.

2. Materiais ferrosos:

- Tubos de aço galvanizado, quando revestido exteriormente;
- Tubos de aço inoxidável;
- Conexões de ferro fundido;
- Acoplamentos mecânicos de aço inoxidável para tubagens em aço inoxidável;
- Acoplamentos para tubos de aço, se existir um revestimento protetor interno contra a corrosão.

3. Ferro fundido dúctil:

- Tubos de ferro fundido dúctil com ou sem encaixe;
- Conexões em ferro fundido dúctil.

4. Plásticos (para rede de água fria):

- Tubos de PVC;
- Conexões de cimento solvente ou tipo anel de vedação, para tubagem de PVC feitas por moldagem por injeção ou a partir do tubo;
- Tubos de PEAD;
- Conexões para soldagem topo a topo ou por eletrofusão em PEAD;

5. Plásticos (para rede de água fria e quente):

- Tubos e conexões em PE-X;
- Tubos em PP;
- Conexões para soldagem topo a topo ou eletrofusão em PP;
- Tubos em PVC;
- Conexões em PVC;
- Tubos em Multicamada;
- Acessórios de compressão ou roscados, em materiais ou plásticos apropriados para tubagem em Multicamada

Por fim, a EN806-2 (14) proíbe a utilização de tubagens e conexões em chumbo.

2.1.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL DOMÉSTICA

Nas redes de drenagem residual, a legislação portuguesa aponta os materiais permitidos por elemento da rede. A seleção do tipo de material para as tubagens e acessórios deve ter em conta a composição das águas residuais a drenar assim como da sua temperatura e também dos custos associados a cada tipo de tubagem.

O artº224 do DR 23/95 (6) define que os ramais de ventilação para drenagem residual devem ser de PVC rígido, ferro fundido ou outros materiais com condições compatíveis.

No artº237 (6) são referidos os materiais PVC rígido e ferro fundido como materiais aceitáveis para constituição dos tubos de queda de águas residuais domésticas.

Para as colunas de ventilação, o DR 23/95 define, em sintonia com o descrito para os ramais de ventilação, PVC rígido, ferro fundido ou outros materiais com condições compatíveis como aceitáveis através do artº243.

Já em relação aos coletores prediais, o DR 23/95 indica no artº252 que podem ser de PVC rígido, grés cerâmico vidrado, ferro fundido ou outros materiais com condições compatíveis como aceitáveis.

Por fim, o DR 23/95 (6) aponta que os materiais para os acessórios da rede podem ser PVC rígido, latão ou ferro fundido, no caso dos sifões não incorporados nos dispositivos, segundo o artº256. Já em relação aos ralos, o artº260 indica o ferro fundido, latão ou outros materiais com características semelhantes válidas para este tipo de acessório.

A norma EN12056-2 (9) faz referência aos materiais elegíveis para as redes de drenagem residual domésticas no anexo NE, indicando também que, os tubos e conexões devem ser adequados à sua finalidade e devem atender aos requisitos padrões relevantes.

A escolha do material depende das seguintes condicionantes:

- Tamanho e função da tubagem;
- Temperatura e constituintes da descarga, assim como condições ambientais;
- Condições mecânicas do material (peso, resistência física, resistência ao fogo, etc.);
- Facilidade de montagem e manutenção.

A EN12056-2 (9) indica que para tubos de descarga e ventilação são adequados os materiais metálicos, ferro fundido, cobre, aço galvanizado por imersão a quente e aço inoxidável.

É ainda referido que para tubos de descarga, estão abrangidos os materiais plásticos, PEAD, PVC e PP, salvaguardando-se que alguns destes materiais podem não ser adequados se for necessárias grandes descargas de água com temperatura muito elevada, que certos solventes e compostos orgânicos podem danificar os materiais plásticos, e ainda, que a exposição à luz solar direta pode exigir proteção para resistir aos raios ultravioleta.

Esta norma europeia ainda refere o vidro de borossilicato, geralmente usado para descargas de laboratório, como material permitido para a drenagem residual doméstica. O uso deste tipo de material para este tipo de redes não é muito usual devido ao seu elevado preço.

2.1.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

No caso das redes de drenagem pluvial, e em semelhança no que sucede para as redes de drenagem residual doméstica, o DR 23/95 (6) aponta os materiais permitidos para a rede por elementos.

Está definido no artº228 que os algerozes e caleiras devem ser constituídas em chapa zincada, betão, fibrocimento, PVC rígido ou outros materiais com características semelhantes e que possam servir a sua função com o mesmo desempenho.

Para os tubos de queda de águas pluviais, o DR 23/95 (6) define no artº237 que estes devem ser de PVC rígido, chapa zincada, ferro fundido ou aço galvanizado, ou materiais com características semelhantes.

O DR 23/95 (6) indica no artº252 que para os coletores prediais de águas pluviais, os materiais permitidos são PVC rígido, betão, ferro fundido ou aço galvanizado, ou materiais com características semelhantes.

O Decreto (6) não faz distinção, em termos de materialidades, entre ralos para aparelhos sanitários e para as redes de drenagem pluvial, como tal, e como descrito anteriormente e partir do artº 260, os materiais permitidos para os ralos são ferro fundido, latão ou outros materiais com características semelhantes válidas para este tipo de aparelho.

A norma EN 12056-3 (9) descreve os materiais permitidos para a execução das redes de drenagem pluvial no seu anexo NA. A norma começa por indicar que os materiais e componentes da rede devem estar em conformidade com as normas europeias ou avaliações técnicas europeias apropriadas, e que estas devem ser instaladas de acordo com as recomendações dos fabricantes.

A EN 12056-3 (9) apresenta uma lista com materiais cuja utilização em redes de drenagem pluviais é permitida, assim como recomendável. Os materiais são diversos, com características físicas diferentes, que devem ser levadas em consideração durante a instalação, e que devem possuir capacidade para suportar a carga hidráulica máxima, caso exista alguma obstrução no ponto mais baixo da rede:

- Alumínio – Este material, quando aplicado, deve ser protegido do contacto direto com o escoamento, sendo necessária a aplicação de um revestimento em pó, betuminoso ou outro adequado;
- Fibrocimento – A utilização deste tipo de material deve ser livre de amianto e devem ser tomadas precauções durante o corte e a perfuração;
- Ferro fundido – Neste tipo de material, as tubagens exteriores devem ser equipadas com espaçadores, de forma a permitir uma pintura posterior contínua em redor do tubo. As superfícies internas das calhas devem ser igualmente pintadas;
- Cobre – Deve estar protegido por revestimento betuminoso ou outro revestimento adequado contra o contato direto do escoamento. O cobre desprotegido pode desenvolver uma coloração verde, que apesar de não ter efeitos prejudiciais em relação à qualidade da água, afeta a sua durabilidade do elemento;
- Plásticos reforçados com vidro – Possuem uma variedade de secções, podendo ser usados em caleiras ou algerozes;
- Chumbo – Este tipo de material deve ser protegido do contato com o escoamento que pode levar a formações de incrustações de carbonato;
- Aço com baixo carbono – Deve ser galvanizado por imersão a quente ou esmaltado em estufa;
- PVC-u – A resistência ao impacto do PVC não plastificado diminui com a temperatura e devem ser tomadas medidas para a sua instalação com temperaturas abaixo dos 0°;
- Aço inoxidável – Evitar o contacto com outros metais, incluindo ferro fundido e aço de baixo carbono;
- Zinco – O zinco deve ser protegido por revestimento betuminoso ou outro revestimento adequado contra o contacto direto do escoamento;
- PEAD – O Polietileno deve ter suporte para evitar flacidez e possui alto coeficiente de expansão. Caso seja usado exteriormente deverá estar protegido contra raios UV.

2.2 TRAÇADO E INSTALAÇÃO

2.2.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA

O DR 23/95 (6) aborda o traçado e instalação das redes de distribuição predial de água fria e quente no capítulo IV, do título III. O regulamento descreve o traçado das redes no artº95, indicando que “as redes devem ser constituídas por troços retilíneos, horizontais e verticais, ligados através de acessórios adequados, e com uma inclinação recomendada de 0.5% no sentido do escoamento”. Este artigo define ainda que as canalizações que dizem respeito a água quente devem ser sempre instaladas paralelamente e por cima das canalizações de água fria, sendo recomendada uma distância mínima de 5 centímetros entre as duas tubagens. A Figura 2-1 e a Figura 2-2 mostram o apresentado no artº95.

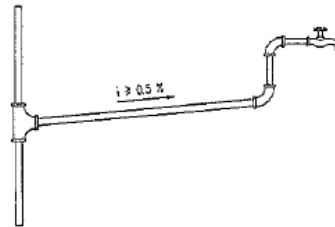


Figura 2-1 - Inclinação recomendada para as tubagens (4)

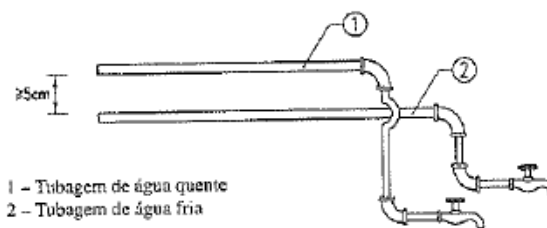


Figura 2-2 - Distância mínima entre tubagens (4)

O artº96 descreve a instalação da rede, indicando os locais onde devem, e onde não devem, ser instaladas as tubagens da rede de distribuição predial de água fria e quente. Começando por onde devem estar instaladas, o DR 23/95 (6) define que as tubagens interiores podem ser instaladas em galerias, tetos falsos, embutidas ou à vista. As tubagens que não estejam embutidas, terão necessariamente de estar fixadas por abraçadeiras, cuja distância entre elas deverá ser determinada em função das características do material, assim como do seu diâmetro, e da dilatação e contração que a tubagem poderá estar sujeita. Quando se proceder à instalação de juntas, deverá também ter-se em atenção a dilatação e contração, *conforme a Figura 2-3*.

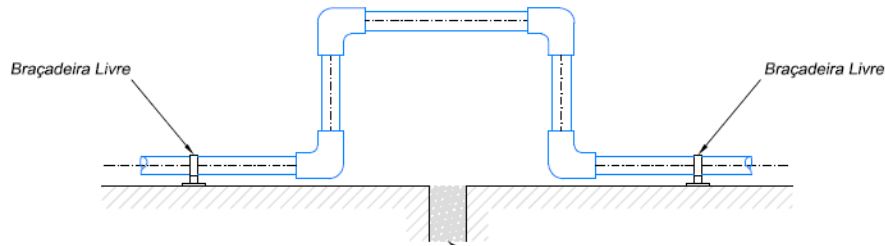


Figura 2-3 - Atravessamento de juntas de dilatação e elementos estruturais (18)

As tubagens não devem ser instaladas sob elementos da fundação, embutidas em elementos estruturais, embutidas em pavimentos não térreos e com função estrutural, exceto quando flexíveis, embainhadas e envolvidas na camada de enchimento. Não devem estar também localizadas em zonas de difícil acesso ou espaços pertencentes a chaminés ou sistemas de ventilação.

Este artigo (6) define, ainda, que as canalizações exteriores de água fria podem ser enterradas valas, colocadas em paredes (à vista ou embutidas através de roços) ou instaladas em caleiras, ficando sempre salvaguardadas a ações mecânicas e térmicas.

As medidas de prevenção contra a corrosão das tubagens e acessórios são abordadas no artº97 do DR 23/95 (6), onde está definido que as canalizações metálicas da rede:

- Devem ser todas do mesmo material;
- Não devem ser embutidas ou revestidas com materiais agressivos;
- Quando são redes diferentes, o seu assentamento deve ser feito sem pontos de contato e em materiais não agressivos;
- Quando enterradas, serem executadas com materiais não corrosíveis.

Além disto, o regulamento propõe que a rede de água quente deverá ter como limite de temperatura os 60°C.

No seguinte artigo, nº 98, o DR 23/95 (6) aponta que as redes de água quente devem ser isoladas e com materiais adequados, imputrescíveis, não corrosivos, incombustíveis e resistentes à humidade, além de que, devem ser protegidas de potenciais condensações, choques mecânicos ou infiltrações. É ainda definido que as derivações para os dispositivos, quando de pequeno comprimento, podem carecer de isolamento.

Após se abordar a instalação e traçados das redes, assim como as medidas contra a corrosão e isolamento das tubagens, a análise recai agora sobre a instalação dos elementos acessórios da rede, presentes no capítulo V do título III do DR 23/95 (6).

O artº102 aborda a instalação de válvulas, caracterizando a sua obrigatoriedade conforme o tipo de válvula:

- A instalação de válvulas de seccionamento tem um carácter obrigatório à entrada dos ramais de introdução individuais, dos ramais de distribuição das instalações sanitárias e cozinhas, a montante dos autoclismos, do equipamento de lavagem de roupa e de louça, de produção de água quente e imediatamente a montante e a jusante dos contadores;
- Para válvulas de retenção, a instalação é obrigatória a montante de aparelhos produtores e acumuladores de água quente;
- Na alimentação de aparelhos produtores e acumuladores de água quente é obrigatória a instalação de uma válvula de segurança;
- É obrigatória a instalação de válvulas reductoras de pressão nos ramais de introdução onde a pressão seja superior a 60 m.c.a.

Os artº106 e 107 (6) apontam a instalação e localização dos contadores, devem ser instalados um por fração/consumidor, podendo ser instalados individualmente ou em bateria. Caso sejam instalados em bateria, pode ser feito um circuito fechado que culmina nos ramais de introdução individuais. O artº106 esclarece ainda que é da responsabilidade da entidade gestora a definição do espaço destinado aos contadores e aos seus acessórios.

Relativamente à localização dos contadores, devem ser instalados no local definido pela entidade gestora, com facilidade de leituras, manutenção e protegido de tal forma que o serviço não seja condicionado. O artº107 aponta para a instalação no interior do edifício, na zona de entrada ou zonas comuns, no caso de se tratar de um edifício confinante com a via ou espaços públicos. No caso de edifícios com logradouro privado, os contadores devem localizar-se no logradouro junto à zona da entrada, no caso de ser apenas um consumidor, ou no interior do edifício no logradouro junto à zona de entrada ou em espaços comuns, no caso de serem vários consumidores. Quando instalados em bateria, os contadores devem ser instalados ao nível do piso térreo ou em alternativa, no piso imediatamente abaixo conforme Figura 2-4.

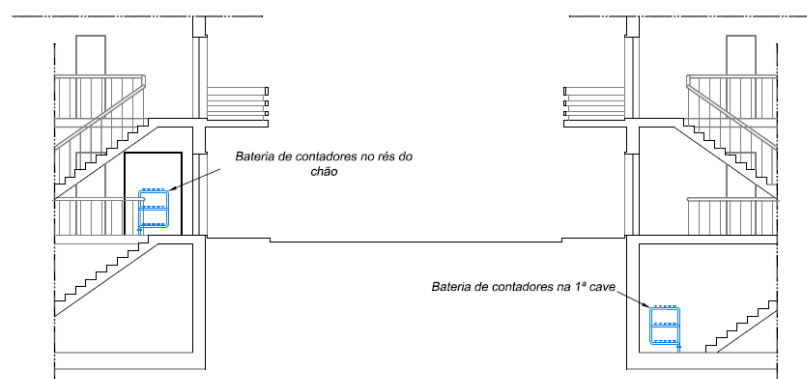


Figura 2-4 - Exemplos de localização das baterias de contadores (18)

Na norma EN806-2 (14) são apresentadas diversas indicações e boas práticas para a instalação e traçado da rede de distribuição predial de água fria e quente. O capítulo 7 desta norma refere que as tubagens de abastecimento e distribuição devem poder ser isoladas para a sua drenagem, caso necessário. Todos os edifícios têm de contar com uma válvula de seccionamento a montante de cada habitação, para se proceder ao corte da água sem prejudicar as restantes frações do edifício. Essas válvulas devem estar instaladas dentro do edifício ou instalações, sempre que possível, num local de boa acessibilidade, acima do nível do chão e nas proximidades do ponto de entrada da tubagem que fornece água a esse local.

Os ramais de introdução, quer sejam coletivos ou individuais, deverão ser também dotados de uma válvula de seccionamento para se poder isolar o abastecimento por piso e também por fração. A norma (14) refere ainda que deve ser instalada uma válvula de seccionamento a montante dos aparelhos, nomeadamente, bacias de retrete, reservatórios de armazenamento, equipamentos de aquecimento de água e máquinas de lavar.

No ponto 7.2 é referido que as torneiras de água quente ficam à esquerda e as de água fria à direita, que quando as tubagens de água fria e quente forem instaladas uma por cima da outra, a de água quente deve estar acima da de água fria, com exceção se a tubagens de água quente estiver protegida por uma manga térmica, ou por um elemento que faça a sua proteção.

Ainda neste ponto, é indicado que nenhuma tubagem deve estar embutida em qualquer parede, piso sólido, no piso térreo ou abaixo deste, a não ser que possa ser facilmente acedido, removido ou substituído, ou que a legislação nacional ou local o permita.

As tubagens também não podem estar instaladas nas colunas de ventilação, nas colunas de extração de fumo, nos núcleos dos elevadores, poços de lixo doméstico, drenos ou esgotos. A norma (14) indica ainda que a proteção contra incêndio deve ser mantida.

No ponto 8.3, a norma determina que nenhuma tubagem deverá ser instalada apoiada numa tubagem de outra especialidade, como por exemplo, uma tubagem de gás.

No ponto 11 da EN806-2 (14) são indicadas as diretrizes para a instalação de contadores. Estes elementos devem estar alinhados com os regulamentos do fornecedor de água e cumprir a diretiva 75/33/CEE. O seu dimensionamento é feito de acordo com a diretiva 75/33/CEE e com a EN806-3. (15). Quanto à sua localização, os contadores devem ser instalados horizontal ou verticalmente, num local de fácil acesso, para leitura e manutenção, e seguro, para evitar danos que prejudiquem o seu funcionamento. Neste ponto é ainda referido que os contadores têm que ser instalados em locais com baixo risco de congelamento e devidamente isolados, não impedindo a leitura ou a sua substituição.

O ponto 16 da EN806-2 (14) diz respeito às válvulas redutoras de pressão, em particular, a situações onde é necessária a sua instalação:

- Caso a pressão estática nos pontos do escoamento seja superior a 500 kPa;
- Caso a pressão estática máxima possível seja excedida pela pressão máxima durante a operação, em qualquer ponto da rede, ou caso um equipamento tenha uma pressão de serviço inferior à pressão a montante da sua ligação à rede;

As válvulas redutoras de pressão devem ser dimensionadas de acordo com o caudal a aliviar e não com o tamanho nominal das tubagens. Estas devem ser instaladas na tubagem de água fria, a jusante do contador, entre válvulas de seccionamento que permitam a sua regulação e manutenção.

As medidas de prevenção de danos por corrosão são indicadas no ponto 18 da EN806-2 (14) tendo em conta as características de corrosão do material metálico a ser utilizado, as características da água a distribuir e as condições de conceção, instalação e funcionamento de água potável.

Na seleção do material para a tubagem, o projetista deve considerar a sua experiência profissional adquirida em relação às características da água a fornecer. Caso não tenha experiência suficiente, o projetista deverá entrar em contacto com a entidade fornecedora de água para obter dados de análise à água suficientes para tomar a decisão mais acertada. Para além disso a entidade fornecedora deve ser consultada para esclarecimentos sobre o tipo de material a utilizar e a influência que o mesmo pode provocar nas condições de abastecimento ou na qualidade da água, de acordo com a experiência adquirida.

O projetista deve escolher materiais e aparelhos que cumpram as normas de produto relevantes, caso não existam tais certificados de qualidade, devem ser utilizados apenas produtos para os quais existem provas de adequação contra a corrosão. O sistema de distribuição predial deve ser concebido de forma a assegurar uma renovação regular da água em condições normais de serviço, para evitar a estagnação da água.

2.2.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL DOMÉSTICA

As definições das condições de instalação e de traçado dos elementos constituintes das redes de drenagem residual doméstica são abordadas nos capítulos IV e V do título V do DR 23/95 (6).

O traçado adequado para os ramais de descarga é abordado no artº217, este é feito através de troços retilíneos unidos por curvas de concordância ou por caixas de reunião. O artigo define que o troço vertical destes ramais não pode exceder os 2 metros de altura, que a ligação de diversos aparelhos ao mesmo ramal de descarga só pode ser efetuado através de forquilhas ou caixas de reunião e que os ramais de descarga das bacias de retrete e os de águas de sabão devem ser independentes, podendo eventualmente ser ligados, desde que se garanta uma ventilação secundária para os aparelhos de

águas de sabão evitando fenómenos de sifonagem induzida. A Figura 2-5 mostra exemplos de ligações de ramais de descarga.

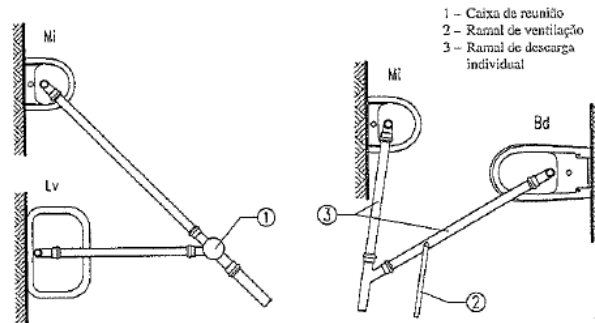


Figura 2-5 - Exemplos de ligações de ramais de descarga (4)

O artº218 aponta a ligação dos ramais de descarga com os tubos de queda, que deve ser feita através de forquilhas, e aos coletores prediais, através de forquilhas ou câmaras de inspeção, conforme a Figura 2-6.

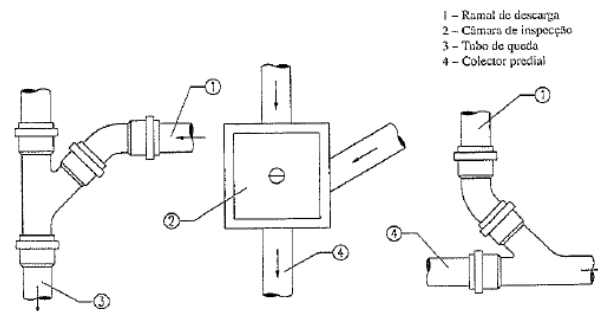


Figura 2-6 - Exemplos de ligações de ramais de descarga a tubos de queda e coletores prediais (4)

Os ramais de descarga podem ser embutidos, colocados à vista, em tetos falsos, galerias ou enterrados, sendo a sua colocação feita de forma que não afete a estrutura do edifício ou as suas canalizações, de acordo com o descrito no artº219 e demonstrado na Figura 2-7.

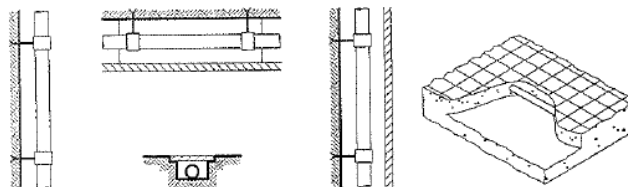


Figura 2-7 - Tipos de instalação de ramais de descarga (4)

Para a definição do traçado dos ramais de ventilação o DR 23/95 (6) apresenta o artº222, onde é definido que os ramais devem ser constituídos por troços retilíneos, ascendentes e verticais, de forma a atingirem uma altura mínima de 15 centímetros acima do nível superior do equipamento sanitário mais elevado a ventilar por esse ramal. Este mesmo artigo indica que a ligação à coluna de ventilação deve ser feita através de troços com inclinação mínima de 2% facilitando assim o escoamento para o ramal de descarga e que a ligação do ramal de ventilação no ramal de descarga se faça a uma distância do sifão a ventilar, não inferior ao dobro do diâmetro deste ramal nem a uma distância superior à obtida através da *Figura 2-8*.

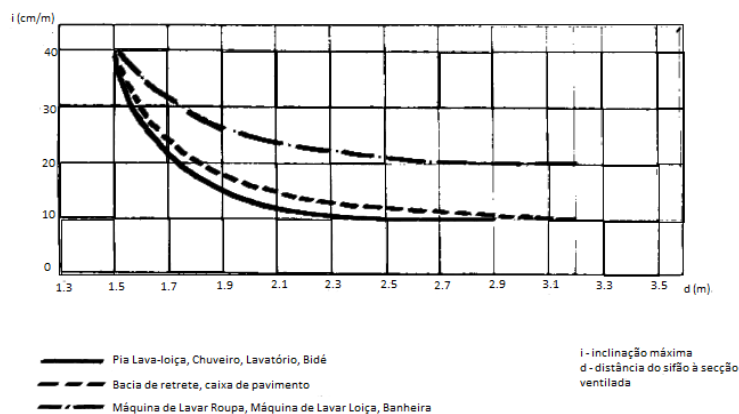


Figura 2-8 - Distância máximas entre sifões e as secções ventiladas para escoamento a secção cheia (6)

Em termos de localização, o DR 23/95 (6) define que os ramais de ventilação devem ser instalados nas mesmas condições que os ramais de descarga e de acordo com o artº219.

As condições para o traçado dos tubos de queda são indicadas no artº233, nomeadamente, deve possuir troços verticais, através de um único alinhamento reto. Nos casos em que não for possível seguir este alinhamento, o artigo define que as mudanças de direção dos tubos de queda devem ser efetuadas através de curvas com uma translação máxima de 10 vezes o diâmetro do respetivo tubo. Quando não for respeitada esta distância, o troço horizontal deverá ser calculado como um coletor predial.

A ligação dos tubos de fraca pendente com os tubos de queda é efetuada através de curvas de transição com um raio não inferior a três vezes o seu diâmetro.

Para além destes pontos, o artº233 define ainda que os tubos de queda prolongados para o exterior do edifício devem localizar-se meio metro acima da cobertura no caso de ser não visitável, ou dois metros acima do nível quando for visitável. Devem também elevar-se, no mínimo, um metro em relação ao nível dos vãos de uma porta, janela ou fresta de tomada de ar, localizadas a uma distância inferior a quatro metros. Os tubos de queda devem também ser dotados de uma rede para evitar a entrada de

pequenos detritos ou animais. Na Figura 2-9 são apresentados os valores mínimos do prolongamento do tubo de queda acima da cobertura

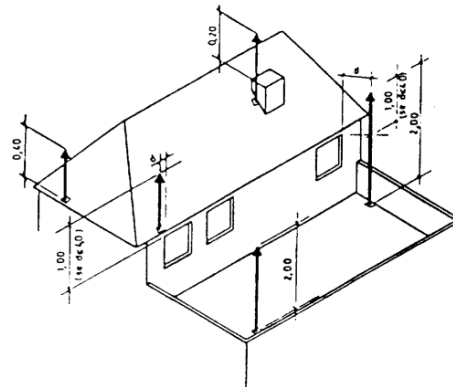


Figura 2-9 - Valores mínimos do prolongamento do tubo de queda acima da cobertura (m) (6)

Para a localização destes elementos, o DR 23/95 define, através do artº234, que os tubos de queda devem ser instalados em galerias verticais de fácil acesso.

Em seguida, o DR 23/95 (6) aborda o traçado das colunas de ventilação, no artº241, definindo que estas têm de ser verticais, com mudanças de direção feitas através de troços ascendentes ligados por curvas. A origem das colunas de ventilação deve ser no coletor predial, a uma distância dos tubos de queda de pelo menos 10 vezes o diâmetro destes.

No artº242 é definida que a localização das colunas de ventilação deve ser em galerias verticais de fácil acessibilidade.

O DR 23/95 descreve também o traçado relativo aos coletores prediais através do artº249, sendo que este deve ser retilíneo em planta e perfil, os coletores prediais quando são enterrados devem ser dotados de caixas de inspeção no seu início, cada vez que exista uma mudança de diâmetro, inclinação e direção. No caso de serem visitáveis, ou estarem instalados à vista, as caixas de inspeção podem ser substituídas por curvas, forquilhas, reduções e bocas de limpeza, desde que garantam uma manutenção adequada ao sistema. Na Figura 2-10 é apresentada uma rede de coletores prediais.

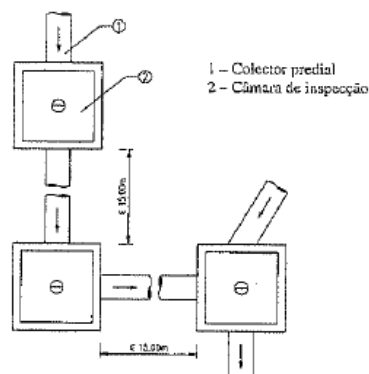


Figura 2-10 - Exemplo de coletores prediais (4)

Após se abordar as componentes constituintes da rede de drenagem residual doméstica, analisamos a instalação dos seus acessórios, nomeadamente, sifões e ralos.

A instalação de sifões está descrita no artº255, onde está definido que devem ser instalados verticalmente, garantindo o fecho hídrico e em locais de fácil acessibilidade para garantir uma manutenção adequada. Estes acessórios devem ser instalados a uma distância máxima de 3 metros dos equipamentos, no caso de não estarem incorporados nos mesmos. É permitida a instalação de sifões coletivos para equipamentos sanitários que produzam água de sabão, sendo estritamente proibida a dupla sifonagem.

É ainda definido que quando instalados em bateria, cada aparelho sanitário deve possuir o seu próprio sifão individual.

Em relação aos ralos, o artº259 introduz a obrigatoriedade da sua colocação em todos os equipamentos sanitários, com exceção das sanitas, e no caso de lava-louças, estes devem ser munidos de cestos retentores de sólidos. Define-se ainda que nos casos onde se prevê uma grande acumulação de areia ou outros pequenos detritos, deve-se proceder à instalação de retentores associados aos ralos.

No âmbito do tema deste subcapítulo, a norma europeia EN 12056-2 (9) aponta, através do ponto 5, as regras do traçado para as redes de drenagem residual domésticas. Este ponto é um pouco genérico e indica que todos os aparelhos, tubos e acessórios devem cumprir a legislação europeia, nacional e local, relevante, quando aplicável.

A EN 12056-2 (9) descreve que todos os pontos de abastecimento de água dentro de um edifício devem ser dotados de drenagem, que todos os aparelhos ligados ao sistema de drenagem devem ser instalados com um sifão, para evitar a entrada de odores desagradáveis para dentro do edifício, e que o seu fecho hídrico H (Figura 2-11) não deve ser inferior a 50 milímetros. É apontado, também, que a redução do diâmetro nominal das tubagens de descarga não deve ser feita na direção do escoamento.

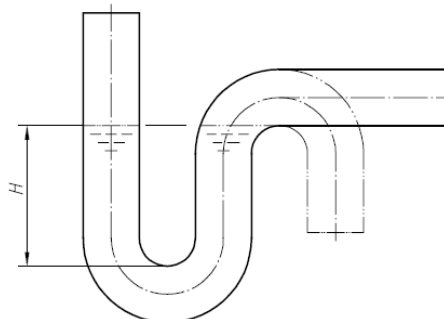


Figura 2-11 - Fecho hídrico (9)

Em relação aos elementos de ventilação, a EN12056-2 (9) aponta que devem ser tomadas medidas para garantir que as aberturas dos tubos de queda para o exterior sejam instaladas conforme necessário e que quando forem instaladas válvulas de admissão de ar para ventilar sistemas de drenagem, que devem estar em conformidade com a norma EN 12380.

2.2.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

O DR 23/95 (6) não faz a diferenciação de capítulos entre a rede de drenagem residual doméstica e a rede de drenagem pluvial, incluindo tudo no mesmo capítulo com o nome de “Sistemas de drenagem predial de águas residuais”.

Para a caracterização do traçado e instalação dos ramais de descarga de drenagem pluvial, o DR 23/95 (6) remete para os artº217 e 219, já referidos e descritos anteriormente.

O traçado dos tubos de queda pertencentes à rede de drenagem pluvial é descrito no artº233 e segue as mesmas diretrizes que os tubos de queda pertencentes à rede de drenagem residual doméstica. Em termos de localização, o Decreto (6) remete para o artº234 que indica que os tubos de queda do sistema de drenagem de águas pluviais devem ser instalados à vista na face exterior do edifício ou em galerias verticais facilmente acessíveis.

Relativamente aos coletores prediais de águas pluviais, o DR23/95 (6) aponta para o mesmo artigo que define o traçado dos coletores prediais de águas residuais já abordado anteriormente no Artº249.

Já no que diz respeito à instalação de ralos, o artº259 aponta para a obrigatoriedade de sua instalação nos locais de recolha de águas pluviais e de lavagem de pavimentos.

No que concerne a EN12056-3 (10), são apresentadas no ponto 7 as obrigações e recomendações para o traçado e instalação dos vários elementos da rede de drenagem pluvial. É descrito que o projeto do sistema deve ter em conta as tolerâncias e assentamentos da construção de forma a evitar quedas bruscas de água e acumulações indesejáveis que podem afetar adversamente a durabilidade dos elementos e do próprio sistema.

A norma aponta que para caleiras e algerozes deve existir, sempre que possível, uma pendente entre 1 e 3 mm/m e que a inclinação destes elementos não deve ser tão acentuada que a caleira ou algeroz fique abaixo do nível do telhado e seja possível a passagem de água pela borda frontal. Nas áreas onde exista a presença de neve, a norma define que, a borda frontal não deva ser mais alta que o nível do telhado, a não ser que exista proteções de neve ou outras precauções.

A EN 12056-3 (10) define que para cada área do telhado inclinada, existam pelo menos dois orifícios de saída para garantir a segurança, caso um dos orifícios fique obstruído.

Para coberturas ajardinadas, deve ser possível a inspeção e o orifício de saída deve possuir um ralo ou outra proteção que impeça a entrada de solo ou outros detritos na rede de drenagem pluvial.

É ainda referido neste ponto que a presença de um ralo ou filtro no orifício pode reduzir significativamente a capacidade de drenagem e que esse facto deve ser tido em consideração no projeto.

Já em relação às tubagens, em particular tubos de queda e coletores prediais, a norma defende que devem ser aumentados os diâmetros ou secções no sentido do escoamento e que quando passarem pelo exterior, junto às paredes do edifício, devem ser vedadas com vedação estanque. As tubagens não devem ser instaladas em elementos estruturais das edificações e devem ser instalados em locais de fácil acesso para inspeção, manutenção e possível reparo. As tubagens devem também ser capazes de suportar a queda de água que ocorre em caso de bloqueio e não deve existir uma redução de diâmetro no sentido do escoamento.

3. DIMENSIONAMENTO DAS REDES

3.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS

3.1.1 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA PORTUGUESA

O dimensionamento de redes de distribuição predial de água envolve alguns fatores e metodologias de cálculo. Em termos de diretrizes e legislação em vigor, como já referido anteriormente, a definida para Portugal é o Decreto Regulamentar nº 23/95, Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (6).

O presente capítulo incide sobre este DR, em particular sobre o Título III, assim como em toda a bibliografia relevante e auxiliar para o dimensionamento da rede. Para se iniciar o cálculo da rede há que se considerar, conforme descrito no art.º 87 do DR nº 23/95, “a pressão disponível na rede geral de alimentação e a necessária nos dispositivos de utilização; o tipo e número de dispositivos de utilização, o grau de conforto pretendido e a minimização de tempos de retenção da água nas canalizações.”

A localização dos equipamentos, assim como o método de construção dos ramais de alimentação influenciam diretamente o dimensionamento, pois este depende das alturas manométricas, assim como de perdas de carga, que, por sua vez, dependem dos comprimentos e rugosidades das tubagens. As diferentes abordagens construtivas e materiais foram descritas nos capítulos 2.1.1 e 2.2.1.

Conforme indicado no art.º 87, o tipo de dispositivos a instalar é fundamental para o cálculo da rede, isto porque, para diferentes aparelhos são necessários diferentes caudais de utilização e consequentemente diferentes condições de funcionamento da rede. O DR 23/95 (6) define os caudais mínimos para o abastecimento dos aparelhos presentes nas frações autónomas, no anexo IV, conforme o *Quadro 3-1*.

Quadro 3-1 - Caudais mínimos nos dispositivos de utilização de água fria ou quente (6)

Dispositivos de utilização:	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	0.10
Lavatório coletivo (por bica)	0.05
Bidé	0.10
Banheira	0.25
Chuveiro individual	0.15
Pia de despejo com torneira de \varnothing 15 mm	0.15
Autoclismo de bacia de retrete	0.10
Mictório com torneira individual	0.15
Pia lava-louça	0.20
Bebedouro	0.10
Máquina de lavar louça	0.15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0.20
Bacia de retrete com fluxómetro	1.50
Mictório com fluxómetro	0.50
Boca de rega ou de lavagem de \varnothing 15 mm	0.30
Boca de rega ou de lavagem de \varnothing 20 mm	0.45
Máquinas industriais e outros aparelhos	Em conformidade com as indicações dos fabricantes

Analisando o *Quadro 3-1*, observa-se que existe uma variada gama de caudais mínimos com valores dispare entre os diferentes dispositivos, com especial destaque para os aparelhos equipados com fluxómetros, que exigem caudais instantâneos mínimos numa ordem de grandeza superior em comparação com os demais.

O passo seguinte no processo de dimensionamento é o cálculo dos caudais acumulados, que como é perceptível pelo nome, resulta da soma de caudais dos aparelhos abastecidos no mesmo ramal de abastecimento.

Após se determinar o caudal acumulado, passa-se para o caudal de cálculo, caudal esse que será o utilizado para o dimensionamento dos diversos troços da rede.

O caudal de cálculo resulta do produto entre o caudal acumulado e um coeficiente de simultaneidade. O coeficiente de simultaneidade está definido no art.º 91 do DR 23/95 (6) como “a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível, ou seja, o caudal de cálculo, e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção”.

Apesar de estar definido neste mesmo art.º que “o coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por via analítica ou gráfica resultante de dados estatísticos aplicáveis”, fica ao critério do projetista definir qual a metodologia que acha mais adequada para a definição do coeficiente de simultaneidade, desde que seja devidamente justificada e por um método comprovado e em conformidade com o definido no DR 23/95 (6).

Em seguida apresentam-se diferentes métodos para a determinação do coeficiente de simultaneidade e respetivo caudal de cálculo, tanto analíticos como gráficos.

O primeiro método a ser exposto é o mais usual, referenciado no DR 23/95 (6), que consiste na transformação dos caudais acumulados em caudais de cálculo através de curvas e em função do nível de conforto desejado.

Apresentam-se em seguida na Figura 3-1, as curvas de transformação referidas no DR 23/95 (6), assim com no *Manual de Redes Prediais* da EPAL (18).

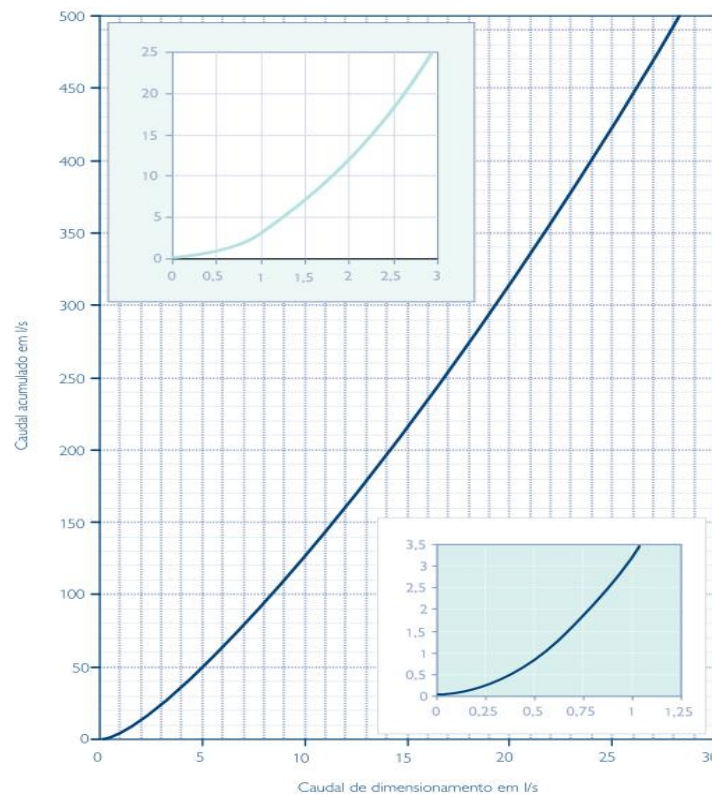


Figura 3-1 - Curvas de transformação dos caudais acumulados em caudais de cálculo (8)

Estas curvas são associadas a um nível de conforto médio, o que por norma se adota no dimensionamento de redes prediais, e podem ser traduzidas por equações, cuja aplicabilidade é mais simples do que fazer o traçado no gráfico para determinar o caudal de cálculo.

$$Q_{dim} = 0.5469 \times Q_{acum}^{0.5137} \rightarrow Q_{acum} \leq 3.5 \quad [1]$$

$$Q_{dim} = 0.5226 \times Q_{acum}^{0.5364} \rightarrow 3.5 < Q_{acum} \leq 25 \quad [2]$$

$$Q_{dim} = 0.2525 \times Q_{acum}^{0.7587} \rightarrow 25 < Q_{acum} \leq 500 \quad [3]$$

Em que:

Q_{dim} – caudal de dimensionamento (l/s);

Q_{acum} – caudal acumulado (l/s);

É importante destacar que o caudal acumulado em questão não abrange os equipamentos dotados com fluxómetros. Estes equipamentos devido às suas características de funcionamento, que necessitam de um caudal instantâneo elevado, necessitam de um cálculo para o coeficiente de simultaneidade, à parte. O anexo V do DR 23/95 (6) inclui um quadro de simultaneidade, *Quadro 3-2*, para se determinar a parcela relativa aos caudais de cálculo dos fluxómetros.

Quadro 3-2 - Nº de fluxómetros em utilização simultânea Anexo V

Nº de fluxómetros instalados:	Em utilização simultânea:
3 a 10	2
11 a 20	3
21 a 50	4
Superior a 50	5

Após a definição do número de fluxómetros a instalar, e da respetiva utilização simultânea considerada, o caudal de cálculo final é dado por [4]:

$$Q_{dim.total} = Q_{dim}^{dispositivos\ normais} + \sum (Q_{dim}^{Fluxómetros}) \quad [4]$$

O segundo método para a determinação do caudal de dimensionamento é o método dos pesos. Este método é descrito no *Manual de redes prediais* da EPAL (18), e consiste na atribuição de diferentes pesos para os vários aparelhos presentes na rede, conforme se apresenta no *Quadro 3-3*. É de notar, que neste método não se obtém necessariamente um coeficiente de simultaneidade, mas sim um caudal de cálculo que é proporcional aos pesos atribuídos para cada aparelho.

Quadro 3-3 - Pesos para os diferentes dispositivos

Dispositivos:	Peso associado
Bacia de retrete com autoclismo	0.5
Bacia de retrete com fluxómetro	40.0
Banheira	1.0
Bidé	0.5
Chuveiro	0.5
Lavatório	0.5
Máquina de lavar-louça	1.0
Máquina de lavar-roupa	1.0
Pia de cozinha	0.7

Após a atribuição dos pesos para os diferentes troços da rede, procede-se ao cálculo do caudal de dimensionamento para os respetivos troços através de [5]:

$$Q_{dim} = 0.3 \times \sqrt{\sum P_i} \geq 0.2 \times Q_{acum} \quad [5]$$

Em que:

P_i – Peso dos aparelhos instalados no mesmo troço

O terceiro método a ser apresentado é o método do coeficiente de simultaneidade. Este método determina o caudal de cálculo através do produto do coeficiente de simultaneidade pelo caudal acumulado da tubagem em questão. O coeficiente de simultaneidade, K , é determinado por:

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad [6]$$

Sendo:

n – Número de dispositivos instalados no troço em questão

Verifica-se que a equação apenas é aplicável para casos em que hajam mais que dois dispositivos no troço. Este método é muito utilizado devido à sua simplicidade de cálculo, no entanto, e devido a partir do pressuposto que todos os equipamentos têm a mesma influência no cálculo, pode levar a situações em que os caudais não sejam totalmente realistas.

Para tentar minimizar este problema, é sugerido um método alternativo de determinação do coeficiente de simultaneidade apresentado no *Manual de redes prediais* da EPAL (18), que assume a mesma que na equação [6] mas substitui o valor de n por o denominado n_{mod} cujo valor é obtido através de:

$$n_{mod} = Máx \left[\sum \left(m_i \times \frac{Q_{ref}}{Q_i} \right); n \right] \quad [7]$$

Onde:

n_{mod} – n modificado

Q_{ref} – caudal de referência

Q_i – caudal do dispositivo i , do troço em questão

m_i – número de dispositivos com o Q_i

O caudal de referência, Q_{ref} , deve ser o caudal mais reduzido dos aparelhos em análise (por norma 0.10 l/s), tornando assim, os valores dos consumos mais exigentes superiores, e consequentemente, o valor de n_{mod} inferior, estando do lado da segurança.

Definido o coeficiente de simultaneidade, resta aplicar a equação [8] para se obter o caudal de dimensionamento em função do caudal acumulado.

$$Q_{dim} = Q_{acum} \times \frac{1}{\sqrt{n_{mod} - 1}} \geq 0.20 \times Q_{acum} \quad [8]$$

O cálculo do caudal de dimensionamento para cada troço da rede em estudo é o passo mais relevante para o projeto de distribuição predial de água. É através da obtenção de todos esses valores, que se pode avançar para os restantes fatores e verificações para as quais o DR 23/95 (6) aponta, nomeadamente valores de velocidades mínimas e máximas, assim como pressões admissíveis na rede.

Começando pelas velocidades de escoamentos nos troços, estas podem ser calculadas dividindo-se os caudais de dimensionamento pelas áreas das tubagens, como se demonstra na equação [9], para o caso de tubagens circulares, sendo este o mais usual para projetos de abastecimento predial.

$$V = \frac{Q_{dim}}{A} = \frac{Q_{dim}}{\pi \times r^2} \quad [9]$$

Em que:

V – Velocidade do escoamento (m/s)

A – Área da secção (m²)

r – Raio da secção (m)

Salienta-se que para se obter os valores da velocidade em m/s é necessária a conversão do caudal de dimensionamento, anteriormente calculado em l/s, para as unidades SI de m³/s.

O critério para definir as velocidades mínimas e máximas a serem cumpridas está definido na alínea b) do art.º 94 do DR 23/95 (6), cujos valores “devem situar-se entre 0.5 m/s e 2 m/s”. Para além deste critério, o *Manual de redes prediais* da EPAL (18), aconselha, por razões de conforto para os utilizadores, “o intervalo compreendido entre 0.8 e 1.2 m/s, uma vez que a velocidade de escoamento deverá ser aproximadamente 1 m/s.”.

Abordam-se de seguida os requisitos para as pressões na rede. O art.º 87 do DR 23/95 (6) define que para a projeção de novos sistemas é necessário o conhecimento da “pressão disponível na rede geral de alimentação e da necessária nos dispositivos de utilização”. Para além disso, o mesmo artigo define que “as pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre os 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenham entre os 150 kPa e 300 kPa”.

Para o cálculo da verificação da pressão mínima na rede, é necessário proceder-se ao cálculo mais desfavorável da rede, isto é, o ponto de maior cota e distância em relação ao ponto de picagem da rede.

O DR nº 23/95 (6), por si só, não define um método de cálculo da pressão nos vários pontos da rede, apenas define os limites aceitáveis para garantir o conforto dos utilizadores e a integridade do material. Como tal, é necessário recorrer-se de uma metodologia para o cálculo das diversas variações de pressão ao longo da rede. Quintela (2011) (5) apresenta como procedimento para o cálculo de pressões através do Teorema de Bernoulli, teorema este que estabelece que “a energia mecânica total por unidade de peso líquido é constante ao longo de cada trajetória”.

Assim sendo, Quintela (2011) (5) define então o Teorema de Bernoulli, para líquidos reais, como:

$$\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{p}{\gamma} + z + \frac{V^2}{2g} \right) = -J \quad [10]$$

Em que:

p/γ – Altura piezométrica (m);

z – Cota geométrica (m);

$V^2/2g$ – Altura cinemática (m)

J – Perda de carga unitária (adim.)

Como é explícito na equação anterior, a perda de carga unitária representa o diferencial da energia total do líquido em dois pontos diferentes em escoamento permanente. De destacar também que o fator p na fração p/γ representa a pressão sobre o líquido.

Esta energia é usualmente definida como altura manométrica ou carga total, e é simbolizada por H . Fazendo a adaptação da equação anterior, ficamos com:

$$H_1 = \frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad [11]$$

Fazendo agora a comparação entre dois pontos distintos do escoamento, ficamos com:

$$H_2 - H_1 = \left(\frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) = \Delta H \quad [12]$$

Para sistemas prediais, é usual, substituir-se o valor de p/γ por P , que representa a altura piezométrica, normalmente definida em m.c.a. Partindo do pressuposto que as diferenças entre as energias cinemáticas são muito reduzidas, podendo ser desprezáveis como refere Pedroso (2008) (5), pode-se definir a pressão no ponto 2 como:

$$P_2 = P_1 + Z_1 - Z_2 + \Delta H \quad [13]$$

Chegando a este ponto, torna-se necessária abordar o cálculo das perdas de cargas, ΔH , que são subdivididas em perdas de carga singulares ou localizadas e perdas de carga contínuas.

Estas primeiras, em escoamentos sob pressão, são definidas como as perdas de carga devido a elementos singulares das tubagens, nomeadamente, curvas, tês, válvulas, contadores, etc.

Segundo Quintela (2005) (5), as perdas de carga singulares podem ser calculadas pela seguinte expressão:

$$\Delta H = K \times \frac{U^2}{2g} \quad [14]$$

Em que, K corresponde a um coeficiente que depende da forma da singularidade. Desta forma é possível calcular as perdas de carga singulares para cada elemento da rede de abastecimento, no entanto, e por questões de conveniência, fazem-se considerações que facilitam a determinação das mesmas.

O método mais comum, e indicado pelo DR 23/95 (6) assim como pelo *Manual de redes prediais* da EPAL (18), é considerar-se que o valor das perdas de cargas singulares representa uma parcela percentual das perdas de cargas contínuas.

Neste contexto e sabendo que as perdas de cargas contínuas dependem do comprimento das tubagens (como se vê em seguida), o processo passa por incrementar o comprimento da tubagem obtendo-se um comprimento equivalente:

$$L_{equi.} = L \times (1 + i) \quad [15]$$

Sendo i , o incremento a implementar (%). Esta percentagem está diretamente ligada à rugosidade da tubagem e ao seu consequente atrito. Quanto mais rugosa for a tubagem menos percentagem de incremento necessita, pois, como a sua perda de carga é superior, comparativamente a uma tubagem mais lisa, será necessário menos comprimento para “compensar” as perdas de carga localizadas.

Pedroso (2008) (4) faz referência a este incremento e sugere que, para casos correntes, se adicione um incremento de 20%. O *Manual de redes prediais* da EPAL (18) refere que o valor admitido deve ser entre os 15 e 25%.

É de referir ainda, conforme indicado no *Manual de redes prediais* da EPAL (18), que os contadores devem ser tidos em conta separadamente e que se deva admitir uma perda de carga de 20 kPa. Este documento refere ainda que na consideração da perda de carga para “os equipamentos de produção de água quente, deve ser tida em conta as características dos mesmos”.

As perdas de carga contínuas dizem respeito à perda de energia do escoamento ao longo da sua passagem pela tubagem. Estas perdas de carga estão diretamente ligadas à rugosidade da tubagem, dimensões e ao próprio caudal.

Para o cálculo de perdas de carga contínuas em escoamentos sob pressão existem várias metodologias válidas nomeadamente a expressão de Darcy e Weisbach, fórmula de Colebrook White, fórmula de Haaland, fórmulas monómias e fórmula de Flamant. (18).

As primeiras fórmulas indicadas acabam por ser de cálculo complexo e iterativo, normalmente utilizadas para sistemas mais complexos, como por exemplo abastecimento público de águas, sendo por isso recomendável a utilização da fórmula de Flamant para o cálculo das perdas de carga contínuas para redes prediais.

A fórmula de Flamant é descrita pela seguinte equação:

$$J = 4b \times U^{7/4} \times D^{-5/4} = 4b \times \left(\frac{4Q}{\pi}\right)^{7/4} \times D^{-19/4} \quad [16]$$

Em que:

b – Fator caracterizador da rugosidade do material (adim.);

U – Velocidade do escoamento (m/s);

D – Diâmetro interior da secção (m);

Q – Caudal de dimensionamento (m³/s)

Com a definição da perda de carga contínua para cada troço é possível determinar as perdas de carga totais na rede e, conseqüentemente, as pressões nos vários pontos da mesma.

O dimensionamento segue todos os passos anteriormente referidos, e pode ser resumido pelas seguintes etapas:

- i. Identificação dos dispositivos a fornecer, do ponto de entrega e do contador. Traçado da rede tendo em conta o menor dos comprimentos necessários, assim como a fácil instalação e funcionalidade do sistema;
- ii. Verificação dos caudais instantâneos unitários para cada dispositivo e conseqüentes caudais acumulados para os diferentes troços;
- iii. Obtenção de caudais de cálculo em função dos caudais acumulados, conforme metodologias acima referidas;
- iv. Escolha do material para as tubagens e averiguação das suas características físicas e mecânicas, nomeadamente, diâmetros nominais, interiores e rugosidade;
- v. Determinação dos diâmetros para os diversos troços, em função do caudal de dimensionamento, de forma que, as velocidades de escoamento estejam dentro do intervalo estipulado no DR 23/95 (6), de preferência, aproximadamente 1 m/s;
- vi. Cálculo das perdas de carga unitárias e contínuas para cada troço e acréscimo das perdas de carga localizadas, conforme descrito anteriormente;
- vii. Determinação das perdas de carga totais e pressão disponíveis em cada dispositivo e verificar se a pressão de serviço se situa no intervalo definido pela legislação, caso a pressão máxima seja superior a 600 kPa, é necessária a instalação de uma válvula redutora de pressão. Caso seja inferior a 150 kPa, é necessária a instalação de uma estação elevatória que garanta uma pressão mínima (ou confortável para os utilizadores) no ponto mais desfavorável.

3.1.2 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA EUROPEIA

Este subcapítulo tem como foco na parte 3 da norma EN 806 (15), A norma toma em consideração as características da instalação, as condições de pressão e a velocidade do escoamento para o dimensionamento da tubagem.

Em termos de pressão admissível na rede, a EN 806-3 (15) define 500 kPa como o valor máximo para a pressão hidrostática, com a exceção para torneiras de jardim ou garagem onde o valor máximo é de 1000 kPa. Para a pressão de serviço no dispositivo está definida como mínima uma pressão de 100 kPa.

A EN 806-3 (15) indica a velocidade de escoamento máxima de 2.0 m/s, não fazendo referência a qualquer critério para a velocidade mínima.

Para o dimensionamento da tubagem da rede, a norma descreve um método intitulado como “Método Simplificado”.

Caraterizado pela sua fácil utilização e aplicabilidade vasta, para a generalidade dos edifícios, o Método Simplificado não contabiliza diretamente os caudais dos dispositivos, mas sim as “unidades de carga” (UC) que cada dispositivo representa.

A norma define que uma unidade de carga corresponde a um caudal de cálculo de 0.1 l/s, e aponta os caudais a serem considerados no cálculo Q_A , os caudais mínimos Q_{min} e as correspondentes unidades de carga como se apresenta na seguinte tabela:

Quadro 3-4 - Unidades de Carga para os diferentes aparelhos

Dispositivos:	Q_A	Q_{min}	Unidades de Carga (UC)
	l/s	l/s	
Lavatório, bidé e bacia de retrete com autoclismo	0.1	0.1	1
Pia de cozinha, máquina de lavar loiça, máquina de lavar roupa e chuveiro	0.2	0.15	2
Urinol com fluxómetro	0.3	0.15	3
Banheira	0.4	0.3	4
Boca de rega garagem/jardim	0.5	0.4	5
Pia de cozinha não doméstica e banheira não doméstica	0.8	0.8	8
Válvula de descarga DN20	1.5	1.0	15

A norma destaca ainda, que os valores de caudais apresentados não correspondem aos caudais nas normas dos produtos, que somente se utilizam estes valores por questões de dimensionamento.

O cálculo através deste método, em simultâneo com o que acontece segundo a norma portuguesa, deve começar de jusante para montante.

Através desta definição da quantidade de unidades de carga correspondentes a cada secção, é determinado o diâmetro das tubagens, em função do material das mesmas, de acordo com os quadros apresentados em seguida:

Quadro 3-5 - Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em aço galvanizado

Aço Galvanizado								
Carga máxima	UC	6	16	40	160	300	600	1 600
Valor mais alto da carga	UC	4	15	-	-	-	-	-
Diâmetro Nominal	mm	15	20	25	32	40	50	65
Comprimento máx. do tubo	m	10	6	-	-	-	-	-

Quadro 3-6 - Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em cobre

Cobre														
Carga máxima	UC	1	2	3	3	4	6	10	20	50	165	430	1 050	2 100
Valor mais alto da carga	UC	-	-	2	-	-	4	5	8	-	-	-	-	-
Diâmetro Nominal	mm	12			15			18	22	28	35	42	54	76.1
Comprimento máx. do tubo	m	20	7	5	15	9	7	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 3-7 - Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em aço inox

Aço Inox											
Carga máxima	UC	3	4	6	10	20	50	165	430	1 050	2 100
Valor mais alto da carga	UC	-	-	4	5	8	-	-	-	-	-
Diâmetro Nominal	mm	15			18	22	28	35	42	54	76.1
Comprimento máx. do tubo	m	15	9	7	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 3-8 - Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em PE-X

PE-X													
Carga máxima	UC	1	2	3	4	5	8	16	35	100	350	700	
Valor mais alto da carga	UC	-	-	-	-	4	5	8	-	-	-	-	
Diâmetro Nominal	mm	12			16			20	25	32	40	50	63
Comprimento máx. do tubo	m	13	4	9	5	4	-	-	-	-	-	-	

Quadro 3-9 - Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em PVC

PVC										
Carga máxima	UC	3	4	5	10	20	45	160	420	900
Valor mais alto da carga	UC	-	-	4	5	8	-	-	-	-
Diâmetro Nominal	mm	16			20	25	32	40	50	63
Comprimento máx. do tubo	m	10	6	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 3-10- Unidades de carga para determinação do diâmetro para tubagens em Multicamada

Multicamada											
Carga máxima	UC	3	4	5	6	10	20	55	180	540	1 300
Valor mais alto da carga	UC	-	-	4	5	5	8	-	-	-	-
Diâmetro Nominal	mm	16			18	20	26	32	40	50	63
Comprimento máx. do tubo	m	9	5	4	-	-	-	-	-	-	-

3.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL

3.2.1 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA PORTUGUESA

Os dimensionamentos das várias componentes da rede de drenagem residual dependem de vários fatores nomeadamente, traçado da rede definido, localização dos elementos (definida em concordância com o projeto de arquitetura), número de equipamentos a recolher, níveis de conforto, extensão do sistema de drenagem residual (número de pisos e de frações), tipo de sistema, entre outros. O dimensionamento tem que estar de acordo com as implicações e regras descritas no DR 23/95 (6), apresentadas no presente capítulo.

A metodologia de dimensionamento a descrever, é apresentada por elementos da rede, no sentido do escoamento, a começar pelos elementos individuais de cada equipamento até ao coletor da rede pública.

Para o dimensionamento das redes de drenagem residual é necessário calcular os caudais a drenar em cada troço da rede. Para o cálculo, o passo inicial é identificar quais os aparelhos a escoar pela rede, assim como a sua localização e os respetivos caudais de descarga.

Os caudais de descarga mínimos, estão definidos conforme o DR 23/95 (6) e são apresentados no *Quadro 3-11*:

Quadro 3-11 - Caudais de descarga para os diferentes dispositivos (6)

Simbologia	Descrição do dispositivo	Q_{descarga} (l/s)
Chm	Chuveiro individual tipo misturadora	30.00
Ba	Banheira	60.00
Br	Autoclismo de bacia de retrete	90.00
Bd	Bidé	30.00
Mif	Urinol com fluxómetro	90.00
Lv	Lavatório individual tipo misturadora	30.00
LI	Pia lava-louça simples	30.00
MI	Máquina de lavar louça	60.00
Mr	Máquina de lavar roupa	60.00

Definidos e identificados os dispositivos e as suas localizações na rede, assim como das caixas de passagem e visita, dos troços e dos caudais de descarga, recorre-se à seguinte equação para se determinar os caudais acumulados em cada troço, de montante para jusante:

$$Q_{Acumulado} = \sum Q_{inst.} \times n \quad [17]$$

Em que:

$Q_{acumul.}$ – Caudal acumulado;

$Q_{inst.}$ – Caudal instantâneo;

n – Número de dispositivos associados.

A definição dos caudais de cálculo procede-se por um dos dois métodos, ou até mesmo por ambos. O primeiro método é bastante semelhante ao que se recorre para a rede de abastecimento de água potável, onde, se determina o coeficiente de simultaneidade conforme o número de dispositivos a descarregar num determinado troço conforme a equação [6].

É de destacar que a equação [6] apenas é aplicável quando o número de dispositivos for superior a dois, caso contrário adota-se como coeficiente o valor unitário.

A partir do passo anterior, chega-se aos caudais de cálculo através do produto entre os caudais acumulados e respetivos coeficientes de simultaneidade, conforme a seguinte equação [18]:

$$Q_{C\acute{a}lc} = Q_{Acumul.} \times K \quad [18]$$

O segundo método para a obtenção dos caudais de cálculo da rede de drenagem residual doméstica é através da *Figura 3-2*, apresentada no anexo XV do DR 23/95 (6), que determina o caudal de cálculo em função do caudal acumulado confluyente.

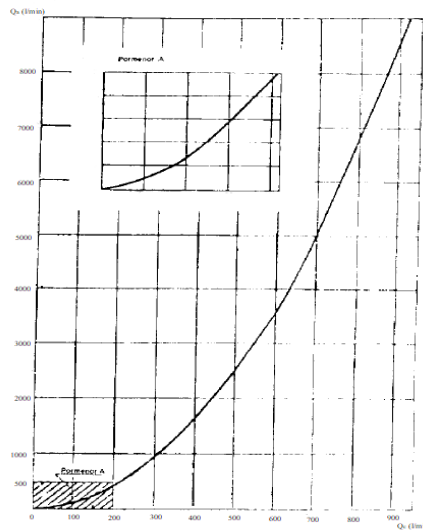


Figura 3-2 – Caudais de cálculo de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados (6)

A curva representativa desta relação entre caudais é definida pela seguinte equação:

$$Q_{C\acute{a}lc} = 7.3479 \times Q_{Acumul.}^{0.5352} \quad [19]$$

Os diâmetros dos ramos de descarga, individuais ou não individuais, são definidos em função do caudal ou caudais dos equipamentos que para eles descarregam.

Começando pelos ramos de descarga individuais, o seu dimensionamento pode ser feito para um escoamento em secção cheia ou meia secção:

- **Escoamento a secção cheia:** Sistemas em que a distância entre o sifão e secção ventilada não seja superior à indicada na *Figura 2-8* ou nos casos em que o sistema está dotado com ventilação secundária;
- **Escoamento a meia secção:** Casos em que não existe ventilação secundária e em que a distância mínima definida pela *Figura 2-8* não é respeitada.

O diâmetro interior dos ramais de descarga é calculado, primeiramente, determinando-se os caudais acumulados do conjunto dos aparelhos sanitários servidos por cada ramal. Em seguida, obtém-se o caudal de cálculo através da *Figura 3-2* ou da equação [19].

Por fim, para se determinar o diâmetro interior do ramal, faz-se o cálculo através das equações [20] e [21], de acordo com os critérios acima referidos:

- Para escoamentos em tubos circulares com secção cheia:

$$D = \left(\frac{Q}{0.312 \times K_s \times \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad [20]$$

- Para escoamentos em tubos circulares a meia secção:

$$D = \left(\frac{Q}{0.156 \times K_s \times \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad [21]$$

Para além desta determinação do diâmetro por este método, o DR 23/95 (6) define ainda os diâmetros mínimos para os ramais de descarga individuais em função dos dispositivos sanitários, conforme o *Quadro 3-12*:

Quadro 3-12 - Diâmetros mínimos para os diversos aparelhos

Simbologia	Descrição do dispositivo	Diâmetro Mínimo (mm)
Chm	Chuveiro individual tipo misturadora	40
Ba	Banheira	40
Br	Autoclismo de bacia de retrete	90
Bd	Bidé	40
Mif	Urinol com fluxómetro	50
Lv	Lavatório individual tipo misturadora	40
LI	Pia lava-louça simples	50
MII	Máquina de lavar louça	50
Mlr	Máquina de lavar roupa	50

No dimensionamento de tubos de queda, o DR 23/95 (6) aponta que estes são calculados em função de a taxa de ocupação, definida pela relação entre a área da secção ocupada pelo líquido que se escoar e a área total da secção do tubo de queda.

$$t_s = \frac{S_{esc}}{S_{total}} \quad [22]$$

Onde:

T_s – Taxa de ocupação;

S_{esc} – Área da secção reta do tubo de queda ocupada pelo caudal que se escoa (m²);

S_{total} – Área total da secção reta do tubo de queda (m²)

Quanto mais ventilada for a rede, menor será a taxa de ocupação requerida e, conseqüentemente, menor será o diâmetro da tubagem a instalar. Se a rede em questão, estiver dotada de ventilação secundária, através de um ou mais ramais de ventilação, o escoamento nos tubos de queda deve ocupar no máximo 1/3 da área da secção. Caso o sistema apenas possua ventilação primária, através do prolongamento dos tubos de queda até à cobertura, a taxa de ocupação deve variar entre 1/3 e 1/7, em função do diâmetro da tubagem e de acordo com o *Quadro 3-13*:

Quadro 3-13 - Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária (6)

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

Os diâmetros dos tubos de queda devem ser constantes ao longo do seu traçado, com um mínimo definido de 50 mm e sempre superiores, ou iguais, aos diâmetros dos ramais a montante destes.

O processo de obtenção dos diâmetros dos tubos de queda pode ser efetuado de duas maneiras distintas. É necessário, em primeira instância, saber qual o caudal de cálculo confluyente para o tubo obtido através da metodologia descrita acima.

Obtido este caudal, o diâmetro do tubo de queda pode ser definido, em função do caudal de cálculo e da taxa de ocupação prevista, através de seguinte equação:

$$D = 4.4205 \times Q^{\frac{3}{8}} \times t_s^{-\frac{5}{8}} \quad [23]$$

Em alternativa, pode-se obter este diâmetro de acordo com a presente no anexo XVIII (Figura 3-3) do DR 23/95 (6):

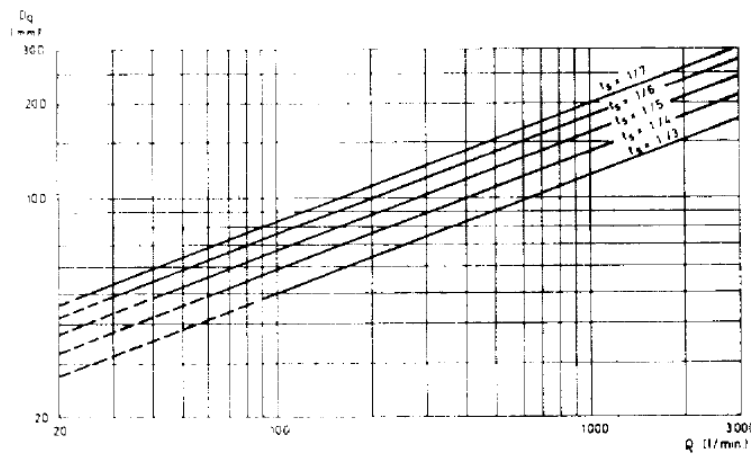


Figura 3-3 - Ábaco para dimensionamento de tubos de queda de águas residuais domésticas (6)

O dimensionamento de coletores prediais e ramais de ligação segue a mesma metodologia. É necessário obter-se o caudal de cálculo através do descrito acima. Com esse caudal, e analogamente como se procede para os ramais de ligação, determina-se o diâmetro através das equações [20] e [21].

De destacar que o DR 23/95 (6) define como inclinações permitidas para os coletores prediais entre 1 e 4% e um diâmetro mínimo de 100 mm.

Já para os ramais de ligação, estão definidas inclinações não inferiores a 1%, sendo recomendado entre 2 e 4%, sendo que para inclinações superiores a 15% deverão prever-se ancoragens dos ramais. O diâmetro mínimo para ramais de ligação é de 125 mm.

Tanto para os coletores prediais, como para os ramais de ligação, o dimensionamento é feito de forma que o escoamento não exceda a meia secção.

Os ramais de ventilação são elementos que têm como função a conservação do fecho hídrico nos sifões. Nos casos em que se verifique a sua necessidade, em que a ventilação primária não está assegurada, o seu diâmetro interior deve ser igual ou superior a 2/3 do diâmetro dos ramais de descarga que ventilam.

Os ramais de ventilação deverão ser retilíneos com uma inclinação ascendente, no sentido contrário ao escoamento do ramal que ventilam, de valor não inferior a 2%.

Já no que concerne às colunas de ventilação, elementos destinados a completar a ventilação feita através do tubo de queda, quando a taxa de ocupação é superior à definida anteriormente, o seu dimensionamento deverá ser feito através da seguinte equação:

$$D_v = 0.39 \times L_v^{0.187} \times D_q \quad [24]$$

Onde D_v é o diâmetro interior da coluna de ventilação (mm), L_v a altura da coluna (mm) e D_q o diâmetro do tubo de queda (mm).

O dimensionamento destes elementos também poderá ser feito recorrendo-se à *Figura 3-4*, presente no anexo XXI do DR 23/95 (6).

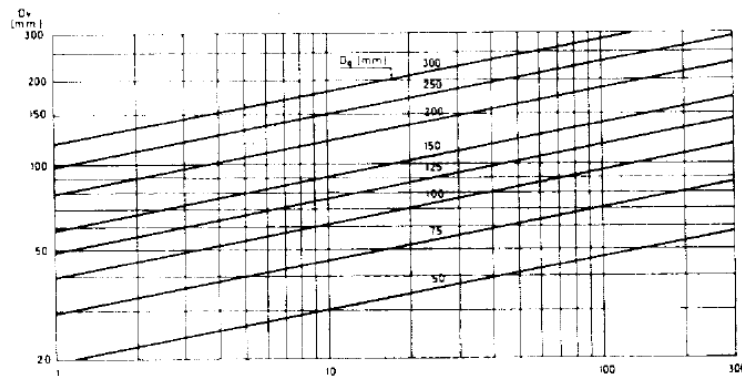


Figura 3-4 - Ábaco para o dimensionamento de colunas de ventilação secundária (6)

Estas colunas devem ser verticais, com origem nos coletores ou câmaras de visita e o seu final numa ligação a um tubo de queda, ou diretamente para o exterior. Caso termine em abertura para o exterior, o seu comprimento deve ser igual ao definido para os tubos de queda.

O diâmetro da coluna de ventilação não pode diminuir no sentido ascendente e devem ser ligadas aos tubos de queda de três em três pisos conforme definido no art.º 241 do DR 23/95. (6)

3.2.2 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA EUROPEIA

Paralelamente ao que foi analisado no capítulo 3.1.2, em relação ao dimensionamento da rede de abastecimento de água, segue-se neste subcapítulo a análise à legislação europeia para redes de drenagem residual.

A análise neste subcapítulo é no enquadramento do capítulo EN 12056-2 (9), mais especificamente, na secção dos cálculos de dimensionamento.

Os primeiros capítulos da norma EN 12056-2:2000 apontam ao seu âmbito, referências normativas e definições utilizadas.

De notar que a norma define quatro tipos de sistemas de drenagem residual, que influenciam o método de cálculo posterior. Os tipos de sistemas são os seguintes:

- **Sistema 1:** Sistema com um único tubo de queda com ramal de descarga parcialmente cheio – Os aparelhos sanitários estão ligados a ramais de descarga parcialmente cheios. Os ramais de descarga são dimensionados para um grau de ocupação de 50% do diâmetro da tubagem e são ligados a um único tubo de queda;
- **Sistema 2:** Sistema com um único tubo de queda com ramal de descarga de pequeno diâmetro – Os aparelhos sanitários estão ligados a ramais de descarga de pequeno diâmetro. Os ramais de descarga são dimensionados para um grau de ocupação de 70% do diâmetro da tubagem e são ligados a um único tubo de queda;
- **Sistema 3:** Sistema com um único tubo de queda com ramal de descarga totalmente cheios – Os ramais de descarga são dimensionados para um grau de ocupação de 100% do diâmetro da tubagem e são ligados individualmente a um único tubo de queda;
- **Sistema 4:** Sistema com tubos de queda separados – Sistemas anteriores, mas cujas descargas são divididas em águas negras (sanitas e urinóis) e águas cinzentas (restantes aparelhos sanitários).

O método apresentado em seguida, é válido para todos os sistemas gravíticos de drenagem residual de águas domésticas. Todas as capacidades referidas daqui para a frente serão baseadas nos diâmetros mínimos apresentados no *Quadro 3-14*:

Quadro 3-14 – Diâmetros nominais e internos mínimos (9)

Diâmetro nominal	Diâmetro interno mínimo (mm)
DN (mm)	d _i min (mm)
30	26
40	34
50	44
56	49
60	56
70	68
80	75
90	79
100	96
125	113
150	146
200	184
225	207
250	230
300	290

O dimensionamento dos vários troços da rede de drenagem residual doméstica será condicionado pelas unidades de descarga, descritas em litros por segundo. Estas unidades de descarga são apresentadas no *Quadro 3-15*, divididas por tipos de sistemas descritos anteriormente, e apenas são utilizadas para meios de cálculo, podendo não corresponder aos caudais de descarga dos respetivos aparelhos.

Quadro 3-15 - Unidades de descarga (UC) para redes de drenagem residual por sistemas e aparelhos (9)

Aparelhos	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
	Unid. Descarga (l/s)			
Lavatório, Bidê	0.5	0.3	0.3	0.3
Chuveiro com tampa	0.8	0.5	1.3	0.5
Chuveiro sem tampa	0.6	0.4	0.4	0.4
Banheira	0.8	0.6	1.3	0.5
Lava-loiças	0.8	0.6	1.3	0.5
Máquina de Lavar Loiça	0.8	0.6	0.2	0.5
Máquina de lavar roupa até 6 kg	0.8	0.6	0.6	0.5
Máquina de lavar roupa até 12 kg	1.5	1.2	1.2	1.0
Bacia de retrete com 4 L	*	1.8	*	*
Bacia de retrete com 6 L	2.0	1.8	1.2 a 1.7**	2.0
Bacia de retrete com 7.5 L	2.0	1.8	1.4 a 1.8**	2.0
Bacia de retrete com 9 L	2.5	2.0	1.6 a 2.0**	2.5
Caixa de pavimento DN 50	0.8	0.9	-	0.6
Caixa de pavimento DN 70	1.5	0.9	-	1.0
Caixa de pavimento DN 100	2.0	1.2	-	1.3
* Não permitido				
** Dependendo do tipo				

Estas unidades de descarga são utilizadas para o dimensionamento, particularmente para o cálculo do caudal de águas residuais para os diferentes troços da rede.

Este referido caudal, é a combinação das várias descargas, acumulativas, para os diferentes aparelhos a jusante de cada um dos troços, e é obtida através da seguinte equação:

$$Q_{AR} = K \times \sqrt{\sum UD} \quad [25]$$

Onde, Q_{AR} é o caudal de águas residuais em l/s, K é o coeficiente de simultaneidade, e UD , as unidades de descarga de um respetivo troço da rede.

Convém destacar, que o coeficiente de simultaneidade tem o mesmo significado que para a legislação portuguesa, no entanto o seu método de utilização, na DN 12056-2 (9) é mais simplista, baseando-se no tipo de utilização, e não no número de dispositivos presentes num determinado troço como o definido no DR nº23/95 (6), sendo definido pelo *Quadro 3-16*:

Quadro 3-16 - Coeficiente de simultaneidade conforme o tipo de utilização

Tipo de utilização	K
Uso intermitente (habitação, hospedagem, escritórios)	0.5
Uso frequente (escolas, hospitais, restaurantes, hotéis)	0.7
Uso congestionado (casas de banho e chuveiros públicos)	1.0
Uso especial (Laboratórios)	1.2

Para além do caudal de águas residuais, a norma define o cálculo do caudal total.

Caudal esse, que está definido pela norma, como a soma do caudal de águas residuais (Q_{AR}) com caudal de elementos sanitários que possuam escoamento contínuo (Q_c) e com o caudal de bombagem de águas residuais ligados ao sistema ($Q_{Bomb.}$). Apesar de não ser muito comum na realidade portuguesa, a existência de escoamento contínuos de águas residuais em edifícios, é recorrente a existência de sistemas de bombagem de águas residuais ligadas aos sistemas (sendo o mais comum a bombagem das águas de lavagem de caves e garagens).

A norma define que estes caudais não devem ser multiplicados por qualquer fator minorante:

$$Q_{Tot} = Q_{AR} + Q_c + Q_{Bomb.} \quad [26]$$

Feito este cálculo, a norma define que o caudal máximo, $Q_{máx}$, de uma tubagem será o maior dos seguintes:

- Q_{Tot} ou Q_{AR} ;
- O caudal do dispositivo indicado no *Quadro 3-15*.

Com a determinação dos valores de caudais de cálculo, a norma aponta para o dimensionamento de ramais de descarga, com ou sem ventilação secundária.

O dimensionamento de ramais de descarga, segundo a norma 12056-2 (9), é feito com recurso a tabelas que indicam o diâmetro nominal em função do caudal máximo e do tipo de sistema descrito anteriormente. Estas tabelas são indicadas em seguida, e estão divididas por ramais de descarga sem ventilação e com ventilação, respetivamente.

Quadro 3-17 - Diâmetros nominais para ramais de descarga não ventilados em função do caudal máximo

Q _{máx} (l/s)	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
	DN			
0.40	*	30	Quadro 3-18	30
0.50	40	40		40
0.80	50	*		*
1.00	60	50		50
1.50	70	60		60
2.00	80**	70**		70**
2.25	90***	80****		80****
2.50	100	90		100
* Não permitido ** Não permitida bacia de retrete *** Não permitidas mais de duas bacias de retrete e duas mudanças de direção superiores a 90° **** Não permitida mais do que uma bacia de retrete				

Quadro 3-18 - Diâmetros nominais e limitações para ramais de descarga não ventilados no Sistema 3

Aparelhos	Diâmetro	Fecho Hídrico Min.	Comprimento Máximo (L) entre o sifão e o tubo de queda	Inclinação	Nº Máx. de curvas	Altura máxima do troço vertical
	DN	mm	m	%	Nº	m
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	30	75	1,7	2,2 ¹⁾	0	0
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	30	75	1,1	4,4 ¹⁾	0	0
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	30	75	0,7	8,7 ¹⁾	0	0
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	40	75	3,0	1,8 a 4,4	2	0
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite ²⁾	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Lava-loiças (sifão 40mm)	40	75	Sem limite ²⁾	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Máquina de lavar loiça ou roupa	40	75	3,0	1,8 a 4,4	Sem limite	1,5
Bacia de retrete com saídas ≤ 80 mm ⁵⁾	75	50	Sem limite	1,8 min.	Sem limite ⁴⁾	1,5
Bacia de retrete com saída > 80 mm ⁵⁾	100	50	Sem limite	1,8 min.	Sem limite ⁴⁾	1,5
Ralo de pavimento	50	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	1,5
Ralo de pavimento	70	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	1,5
Ralo de pavimento	100	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	1,5
4 bacias de retrete em série	50	75	4,0	1,8 a 4,4	0	0
Máximo de 8 bacias de retrete ⁵⁾	100	50	15,0	0,9 a 9,0	2	1,5
Até 5 bacias de torneiras de pulverização ⁶⁾	30 máx.	50	4,5 ³⁾	1,8 a 4,4	Sem limite ⁴⁾	0

1) É possível um inclinação maior, se o comprimento for inferior ao comprimento máx. permitido;
2) Se o comprimento da rede for superior a 3 metros, pode originar uma descarga com ruído e com risco de entupimento;
3) Deve ser o mais curto possível para evitar problemas de deposição;
4) Devem ser evitadas curvas apertadas;
5) Ligação de ramais de diâmetro igual de bacias de retrete deve-se fazer a 45° ou menos;
6) Ralos não devem possuir tampão

Quadro 3-19 - Diâmetros nominais para ramais de descarga e de ventilação em função do caudal máximo

Q _{máx} (l/s)	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
	DN			
	Ramal de descarga/ ventilação	Ramal de descarga/ ventilação	Ramal de descarga/ ventilação	Ramal de descarga/ ventilação
0.60	*	30/30	Quadro 3-20	30/30
0.75	50/40	40/30		40/30
1.50	60/40	50/30		50/30
2.25	70/50	60/30		60/30
3.00	80/50**	70/40**		70/40**
3.40	90/60***	80/40****		80/40****
3.75	100/60	90/50		90/50
<p>* Não permitido ** Não permitida bacia de retrete *** Não permitidas mais de duas bacias de retrete e duas mudanças de direção superiores a 90° **** Não permitida mais do que uma bacia de retrete</p>				

Quadro 3-20 - Diâmetros nominais e limitações para ramais de descarga ventilados no Sistema 3

Aparelhos	Diâmetro	Fecho Hídrico Min.	Comprimento Máximo (L) entre o sifão e o tubo de queda	Inclinação	Nº Máx. de curvas	Altura máxima do troço vertical
	DN	mm	m	%	Nº	m
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	30	75	3,0	1,8 min.	2	3,0
Lavatório, bidé (sifão 30mm)	40	75	3,0	1,8 min.	Sem limite	3,0
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite ²⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite.
Lava-loiças (sifão 40mm)	40	75	Sem limite ²⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite
Máquina de lavar loiça ou roupa	40	75	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite
Bacia de retrete com saídas ≤ 80 mm ^{5) 7)}	75	50	Sem limite	1,8 min.	Sem limite ⁴⁾	1,5
Bacia de retrete com saída > 80 mm ^{5) 7)}	100	50	Sem limite	1,8 min.	Sem limite ⁴⁾	1,5
Ralo de banho, ralo de pavimento	50	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite
Ralo de pavimento	70	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite
Ralo de pavimento	100	50	Sem limite ³⁾	1,8 min.	Sem limite	Sem limite
5 bacias de retrete em série ⁸⁾	50	75	7,0	1,8 a 4,4	²⁾	0
10 bacias de retrete em série ⁸⁾	50	75	10,0	1,8 a 4,4	Sem limite	0
Mais de 8 bacias de retrete ⁵⁾	100	50	Sem limite	0,9 min.	Sem limite	Sem limite
Até 5 bacias de torneiras de pulverização ⁶⁾	30 máx.	50	Sem limite ³⁾	1,8 a 4,4	Sem limite ⁴⁾	0

1) É possível uma inclinação maior, se o comprimento for inferior ao comprimento máx. permitido;
2) Se o comprimento da rede for superior a 3 metros, pode originar uma descarga com ruído e com risco de entupimento;
3) Deve ser o mais curto possível para evitar problemas de deposição;
4) Devem ser evitadas curvas apertadas;
5) Ligação de ramais de diâmetro igual de bacias de retrete deve-se fazer a 45º ou menos;
6) Ralos não devem possuir tampão;
7) Se a ligação do tubo de ventilação estiver sujeita a bloqueio devido a salpicos ou submersão repetidos, deverá ser DN 50, até 50 mm acima do nível de transbordamento do aparelho;
8) Distância entre o sifão e a inserção do ramal de ventilação não deve ser superior a 750 mm. Ramal de ventilação no mínimo DN25

Além da definição dos diâmetros dos ramais de descarga, a norma define, também, os comprimentos e alturas dos ramais de descarga até ao tubo de queda, em função do tipo de sistema e se o sistema

possui, ou não, ventilação secundária, conforme o seguinte *Quadro 3-21* e *Quadro 3-22* e a *Figura 3-5* e *Figura 3-6*:

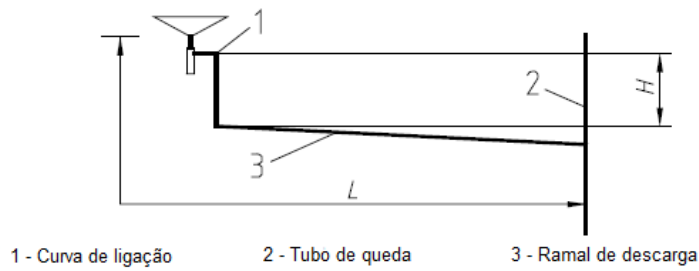


Figura 3-5 – Ramais de descarga não ventilados

Quadro 3-21 - Limitações para ramais de descarga não ventilados

Limitação	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Comprimento máximo do tubo (L)	4.0 m	10.0 m	Quadro 3-18	10.0 m
Número máximo de curvas 90°	3	1		3
Queda máxima (H) (inclinação de 45° ou maior)	1.0 m	**6.0 m DN>70 **3.0 m DN=70		1.0 m
Pendente mínima	1%	1.5%		1%

* Curva de conexão não incluída;
 ** Se DN<100mm e a bacia de retrete estiver ligado ao ramal, nenhum outro aparelho pode ser conectado a mais de 1 m acima da conexão a um sistema ventilado

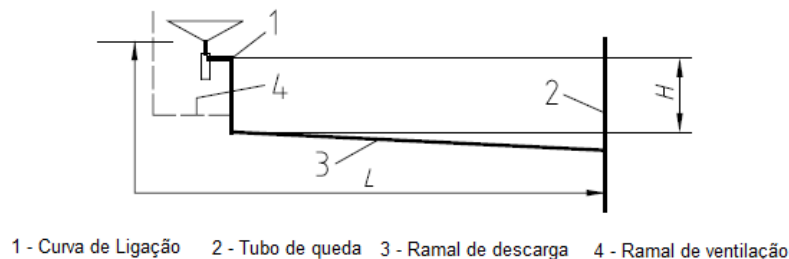


Figura 3-6 - Ramais de descarga ventilados

Quadro 3-22 - Limitações para ramais de descarga ventilados

Limitação	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Comprimento máximo do tubo (L)	10.0 m	Sem limite	Quadro 3-20	10.0 m
*Número máximo de curvas 90°	Sem limite	Sem limite		Sem limite
Queda máxima (H) (inclinação de 45° ou maior)	3.0 m	3.0 m		3.0 m
Pendente mínima	0.5%	1.5%		0.5%

* Curva de conexão não incluída

Em relação aos tubos de queda e tubos de ventilação secundária, a norma indica os diâmetros em função dos caudais máximos e de acordo com o *Quadro 3-23* e *Quadro 3-24*:

Quadro 3-23 - Diâmetro nominais para tubo de queda sem ventilação secundária em função dos caudais máximos ($Q_{máx}$)

Tubo de Queda/Ventilação Primária	Sistema 1, 2, 3 e 4 - $Q_{máx}$ (l/s)	
	DN	Ligação com ângulo superior a 45°
60	0.5	0.7
70	1.5	2.0
80*	2.0	2.6
90	2.7	3.5
100**	4.0	5.2
125	5.8	7.6
150	9.5	12.4
200	16.0	21.0

* Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema 2;
** Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema 1, 3 ou 4

Quadro 3-24 - Diâmetro nominais para tubo de queda com ventilação secundária em função dos caudais máximos ($Q_{máx}$)

Tubo de Queda/Ventilação Primária	Ventilação Secundária	Sistema 1, 2, 3 e 4 - $Q_{máx}$ (l/s)	
		DN	Ligação com ângulo superior a 45°
60	50	0.7	0.9
70	50	2.0	2.6
80*	50	2.6	3.4
90	50	3.5	4.6
100**	50	5.2	7.3
125	70	7.6	10.0
150	80	12.4	18.3
200	100	21.0	27.3

* Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema 2;
** Diâmetro mínimo quando estão ligadas bacias de retrete no sistema 1, 3 ou 4

Para os coletores prediais, a norma define o cálculo do seu diâmetro e capacidade deve ser calculado por uma fórmula hidráulica comprovada e que seja aplicável ao sistema de drenagem em questão, utilizando-se tabelas ou ábacos convenientes, de acordo com a legislação nacional.

No entanto, nos casos em que não esteja definido, a norma remete para a equação de Colebrook-White, definindo os caudais e diâmetros aplicáveis através do *Quadro 3-25* e *Quadro 3-26*:

Quadro 3-25 - Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades para uma taxa de ocupação de 50%

Inclinação	DN100		DN125		DN150		DN200		DN225		DN250		DN300	
	i	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}
(cm/m)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)
0.5	1.8	0.5	2.8	0.5	5.4	0.6	10.0	0.8	15.9	0.8	18.9	0.9	34.1	1.0
1.0	2.5	0.7	4.1	0.8	7.7	0.9	14.2	1.1	22.5	1.2	26.9	1.2	48.3	1.4
1.5	3.1	0.8	5.0	1.0	9.4	1.1	17.4	1.3	27.6	1.5	32.9	1.5	59.2	1.8
2.0	3.5	1.0	5.7	1.1	10.9	1.3	20.1	1.5	31.9	1.7	38.1	1.8	68.4	2.0
2.5	4.0	1.1	6.4	1.2	12.2	1.5	22.5	1.7	35.7	1.9	42.6	2.0	76.6	2.3
3.0	4.4	1.2	7.1	1.4	13.3	1.6	24.7	1.9	38.9	2.1	46.7	2.2	83.9	2.5
3.5	4.7	1.3	7.6	1.5	14.4	1.7	26.6	2.0	42.3	2.2	50.4	2.3	90.7	2.7
4.0	5.0	1.4	8.2	1.6	15.4	1.8	28.5	2.1	45.2	2.4	53.9	2.5	96.9	2.9
4.5	5.3	1.5	8.7	1.7	16.3	2.0	30.2	2.3	48.0	2.5	57.2	2.7	102.8	3.1
5.0	5.6	1.6	9.1	1.8	17.2	2.1	31.9	2.4	50.6	2.7	60.3	2.8	108.4	3.2

Quadro 3-26 - Capacidade dos coletores prediais e respetivas velocidades para uma taxa de ocupação de 70%

Inclinação	DN100		DN125		DN150		DN200		DN225		DN250		DN300	
	i	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}	v	Q _{máx}
(cm/m)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)	(l/s)	(m/s)
0.5	2.9	0.5	4.8	0.6	9.0	0.7	16.7	0.8	26.5	0.9	31.6	1.0	56.8	1.1
1.0	4.2	0.8	6.8	0.9	12.8	1.0	23.7	1.2	37.6	1.3	44.9	1.4	80.6	1.6
1.5	5.1	1.0	8.3	1.1	15.7	1.3	29.1	1.5	46.2	1.6	55.0	1.7	98.8	2.0
2.0	5.9	1.1	9.6	1.2	18.2	1.5	33.6	1.7	53.3	1.9	63.6	2.0	114.2	2.3
2.5	6.7	1.2	10.8	1.4	20.3	1.6	37.6	1.9	59.7	2.1	71.1	2.2	127.7	2.6
3.0	7.3	1.3	11.8	1.5	22.3	1.8	41.2	2.1	65.4	2.3	77.9	2.4	140.0	2.8
3.5	7.9	1.5	12.8	1.6	24.1	1.9	44.5	2.2	70.6	2.5	84.2	2.6	151.2	3.0
4.0	8.4	1.6	13.7	1.8	25.8	2.1	47.6	2.4	75.5	2.7	90.0	2.8	161.7	3.2
4.5	8.9	1.7	14.5	1.9	27.3	2.2	50.5	2.5	80.1	2.8	95.5	3.0	171.5	3.4
5.0	9.4	1.7	15.3	2.0	28.8	2.3	53.3	2.7	84.5	3.0	100.7	3.1	180.8	3.6

No *Quadro 3-25* e no *Quadro 3-26*, e por questões de conveniência e simplificação de cálculo, considera-se uma rugosidade efetiva $K_b=1.0$ mm e uma viscosidade da água $\nu=1.31 \times 10^{-6}$ m²/s.

3.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

3.3.1 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA PORTUGUESA

Para o dimensionamento de uma rede de drenagem de águas pluviais é imprescindível a determinação dos caudais pluviais. Estes caudais são dependentes da precipitação, e a maneira de se correlacionarem é através das curvas I-D-F (intensidade, duração e frequência), que dependem das regiões pluviométricas apresentadas na *Figura 3-7*, presente no anexo IX do DR 23/95 (6).

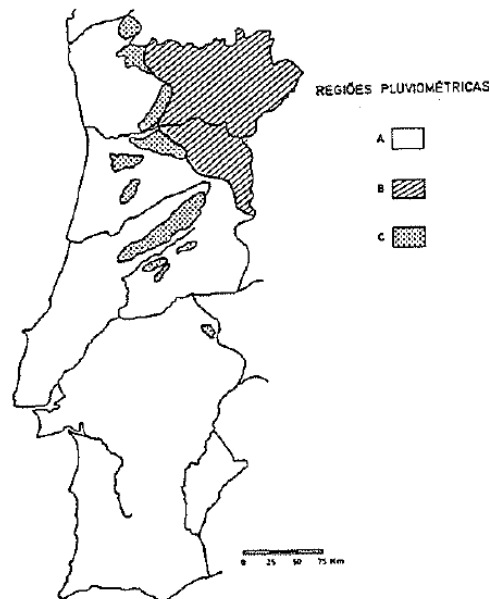


Figura 3-7 - Regiões pluviométricas (6)

Estas curvas, delimitam regiões pluviométricas para as diversas áreas do país e em função dessas regiões apresentam valores de intensidade de precipitação, para diferentes períodos de retorno. Estes valores são definidos através de fatores *a* e *b*, dependentes do período de retorno e através da duração da chuvada *t*, em minutos, e de acordo com a seguinte equação:

$$I = a \times t^b \quad [27]$$

Seguem agora os valores de *a* e *b* obtidos através de ajustes das curvas aos valores registados, divididos pelas regiões pluviométricas e pelos diferentes períodos de retorno.

Quadro 3-27 - Fatores *a* e *b* em função das regiões pluviométricas e do período de retorno (6)

Período de retorno (anos)	Regiões pluviométricas					
	A		B		C	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
5	259.26	-0.562	207.41	-0.562	311.11	-0.562
10	290.68	-0.549	232.21	-0.549	348.82	-0.549
20	317.74	-0.538	254.19	-0.538	381.29	-0.538
50	349.54	-0.524	279.63	-0.524	419.45	-0.524
100	365.62	-0.508	292.50	-0.508	438.75	-0.508

Depois de se obterem os valores de *a* e *b*, e conseqüentemente o valor da intensidade de precipitação, o próximo passo é o apuramento do caudal de cálculo. Existem várias metodologias para o cálculo de caudais de cheia em bacias hidrográficas, no caso de redes de drenagem pluvial predial, e tendo em conta que as bacias a drenar tem área muito diminuta comparativa a outros estudos hidrológicos, onde as áreas andam na ordem dos km², o método para determinar é através da fórmula racional [28].

Esta fórmula [28] descreve o caudal a partir do coeficiente *C* (adimensional), da intensidade de precipitação *I* (m/s) e da área a drenar *A* (m²), através da seguinte equação:

$$Q = C \times I \times A \quad [28]$$

O coeficiente de escoamento *C*, para generalidade das coberturas e terraços a serem drenadas, devido à sua impermeabilidade, pode ser considerado como unitário. Ficando a equação a depender apenas da área a drenar e da intensidade de precipitação determinada.

Para se dimensionarem as várias componentes já enumeradas no capítulo 1.4, é necessário discriminar o caudal pluvial confluyente, nomeadamente para as caleiras ou algerozes, ramais de descarga, tubos de queda e coletores prediais. A delineação desses caudais depende do número de vertentes da cobertura, do seu sentido de inclinação, da sua área da cobertura e do funcionamento do próprio sistema de drenagem (sentido de escoamento, ligação, etc).

Após haver essa definição, os elementos do sistema podem ser calculados segundo as metodologias indicados seguidamente.

O DR 23/95 (6) descreve que o cálculo de caleiras e algerozes deve ser obtido em função das áreas a drenar relativas a cada elemento a dimensionar, ou seja, que para ele drenam. Os caudais de dimensionamento para o cálculo destes elementos são obtidos através das equações [27] e [28].

Após a determinação dos valores dos caudais a drenar, o passo seguinte é determinar as secções das caleiras e algerozes a instalar. Esta determinação é feita recorrendo-se à equação [29], que define para uma determinada secção, a vazão que o elemento proporcionará.

$$Q = K_s \times A \times RH^{2/3} \times \sqrt{i} \quad [29]$$

Onde Q representa o caudal (m^3/s), K_s , o coeficiente de rugosidade ($m^{1/3}/s$), A , a área da secção (m^2), RH , o raio hidráulico (m) e i , a inclinação (m/m).

É importante referir que o DR 23/95 (6) define que a altura de lâmina líquida do escoamento no interior das caleiras e algerozes é no máximo 7/10 da altura da secção definida.

Como tal, para o dimensionamento destes elementos obtemos duas equações que demonstram esta relação, nomeadamente para as secções mais comuns de caleiras e algerozes, semicircular e retangular, conforme a Figura 3-8 e a Figura 3-9, respetivamente:

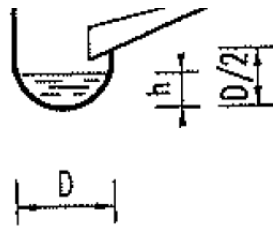


Figura 3-8 - Caleira de secção semicircular (4)

$$h = \frac{7}{10} \times \left(\frac{D}{2}\right) \quad [30]$$

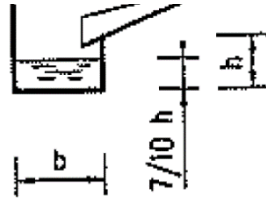


Figura 3-9 - Caleira de secção retangular (4)

$$A = b \times \left(\frac{7}{10} \times h \right) \quad [31]$$

O DR 23/95 (6) aponta ainda para a definição da inclinação destes elementos, delineando o seu intervalo limite entre 0.2% e 1.5%, e recomendado entre 0.5% e 1%, e para a rugosidade do material, devido à sua correlação direta com o caudal drenado, abrangendo como opções de materiais, PVC rígido (o comumente mais usado), chapa zincada, betão ou fibrocimento.

O dimensionamento de ramais de ligação de águas pluviais é bastante semelhante, em termos de metodologia e cálculo, ao dimensionamento de caleiras e algerozes. Inicia-se o processo pela análise das áreas drenantes que confluem para os ramais de descarga a determinar, ou seja, as áreas drenadas por cada ralo correspondente aos ramais de descarga a definir. Em seguida, através das equações [27] e [28], estabelecem-se os caudais de dimensionamento para os ramais de descarga. O último passo diz respeito a estabelecer a secção dos ramais de descarga através do caudal de dimensionamento determinado e da equação [29].

Os ramais de descarga podem ser dimensionados, conforme indicado no Art.º 214 do DR 23/95 (6), para o escoamento em secção cheia.

O DR 23/95 (6) define ainda que o diâmetro mínimo para ramais de descarga pluviais é de 40 mm ou de 50 mm, no caso em que é aplicado um ralo de pinha, e que as inclinações mínimas para estes ramais, não devem ser inferiores a 0.5%.

Os descarregadores de superfície são elementos que servem como meio de segurança, para que no caso de os caudais de precipitação serem superiores aos dimensionados se garanta que o transbordo se dê para a parte exterior do edifício. Os descarregadores de superfície devem ser instalados conforme a *Figura 3-10*.

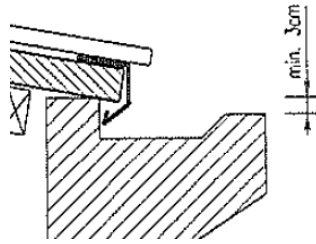


Figura 3-10 - Exemplo de descarregador de superfície (4)

Os orifícios de descarga devem ter uma secção igual à dos tubos de queda correspondentes, com um mínimo de 50 cm². Cada tubo de queda deve ter um orifício de descarga próprio, no caso de existir essa impossibilidade, a secção do orifício tem que ser pelo menos uma vez e meia a secção do maior tubo de queda do grupo considerado.

Em relação ao dimensionamento de ralos, o DR 23/95 (6) define no artº 258º que “os ralos instalados no topo de tubos de queda de águas pluviais devem ter uma área útil ou superior a 1.5 vezes a área da secção daqueles tubos”.

O dimensionamento dos tubos de queda de águas pluviais passa por estabelecer a sua secção, e para isto é necessária a obtenção do caudal de cálculo. O DR 23/95 (6) esclarece que “os caudais de cálculo de tubos de queda de águas pluviais devem ser o somatório dos caudais de cálculo dos algerozes, caleiras e ramais de descarga que para eles descarregam.”

Após se determinar o caudal de cálculo segue-se com o dimensionamento da secção através da seguinte equação:

$$Q = \left(\alpha + \beta \times \frac{H}{D} \right) \times \pi \times D \times H \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad [32]$$

Onde:

Q – Caudal de cálculo (m³/s);

H – Carga no tubo de queda (m);

D – Diâmetro interior do tubo de queda (m);

g – Aceleração gravítica (m/s²);

α – valor adimensional respeitante à entrada para o tubo de queda (0.453 se a entrada for em aresta viva ou 0.578 se a entrada for cónica);

β – 0.350

O DR 23/95 (6) aponta que esta equação [32] é aplicável para o caso do escoamento se processar em descarregador, ou no caso que o comprimento do tubo de queda seja superior a um metro e entrada cónica.

Caso contrário, a equação a aplicar será a seguinte equação:

$$Q = C \times S \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad [33]$$

Em que:

Q – Caudal de cálculo (m^3/s);

C – Coeficiente de escoamento (0.5);

S – Secção do tubo (m^2);

H – Carga no tubo de queda (m);

g – Aceleração gravítica (m/s^2);

Segue-se então o dimensionamento fazendo, de modo semelhante ao indicado anteriormente, a comparação entre o somatório dos caudais de cálculo que confluem para o tubo de queda em questão com o caudal determinado segundo a respetiva equação anterior aplicável, [32] ou [41], e dessa forma determina-se a secção para o tubo de queda.

Os coletores prediais, conforme já descrito anteriormente, recebem o caudal dos tubos de queda ou diretamente dos ramos de descarga, fazendo depois o transporte das águas residuais pluviais até uma caixa de visita final, para posteriormente se efetuar a ligação para a rede pública através de um ramal de ligação.

Semelhantemente ao que se sucede para os tubos de queda, o dimensionamento dos coletores prediais faz-se com a determinação dos caudais de cálculo, que segundo o art.º 245 do DR 23/95 (6) “devem ser o somatório dos caudais de cálculo de tubos de queda e ramos de descarga que lhes estão diretamente ligados”. Após se estabelecerem estes caudais, o cálculo segue com a determinação das características dos coletores, nomeadamente diâmetros e inclinações, obtidos através da equação [20] para secção cheia e igualando-se a parcela do caudal da dita equação com o caudal de cálculo estabelecido anteriormente.

O DR 23/95 (6) impõe que o diâmetro mínimo dos coletores não pode ser inferior a 100 mm e não pode diminuir no sentido do escoamento, com inclinações entre 0.5 e 4 % e alertando para a rugosidade do material de que o coletor é composto, que também influencia o escoamento.

O ramal de ligação é o último elemento da rede doméstica de drenagem pluvial, fazendo a transição da rede privada para a rede pública, com a ligação diretamente ao ramal da rede pública ou indiretamente através de uma caixa de visita.

O seu dimensionamento faz-se de maneira equivalente ao dimensionamento dos coletores prediais, o caudal de cálculo será igual ao somatório dos caudais que para ele convergem e as suas características determinadas através da equação [20].

Estes ramais têm de ter um diâmetro obrigatoriamente superior ou igual a 125 mm, não decrescente no sentido do escoamento e com inclinações entre 1 a 4 %.

3.3.2 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A NORMA EUROPEIA

Neste subcapítulo irá se descrever a metodologia de cálculo introduzida pela norma europeia 12056-3:2000. Esta metodologia possui alguns pontos em comum com a legislação portuguesa.

O primeiro ponto para se iniciar o dimensionamento da rede pluvial passa pela determinação do caudal de cálculo pluvial. Para esse cálculo, a norma utiliza a seguinte equação:

$$Q = i \times A \times C \quad [34]$$

Onde:

Q – Caudal de cálculo (l/s)

i – Intensidade de precipitação (l/(s.m²))

C – Coeficiente de escoamento (adim.)

A – Área da cobertura (m²)

A equação [34] acima é semelhante à utilizada pela metodologia portuguesa (equação [28]), onde a intensidade de precipitação é calculada através das curvas I-D-F, já referenciadas anteriormente.

A abordagem indicada pela norma 12056-3 (10) possui semelhanças e pode ser utilizada em paralelo com a definida pelo DR 23/95 (6), desde logo porque a norma europeia define que a intensidade de precipitação deve ser calculada em função de dados estatísticos para chuvadas em determinada zona e para diversas durações, o que essencialmente é o que é definido pelas curvas I-D-F.

Quando não existirem esses dados estatísticos sobre determinada região, a norma europeia remete para a adoção de um dos valores de intensidade de precipitação indicados no *Quadro 3-28*. O valor adotado tem de ter em conta a zona geográfica onde o edifício se localiza, assim como o clima local e a legislação nacional de cada país. O valor escolhido para definir a intensidade de precipitação será depois multiplicado por um fator de risco que varia conforme o tipo de edifício assim como de órgão de drenagem pluvial. Os vários fatores de risco definidos pelo regulamento são apresentados no *Quadro 3-29*.

Quadro 3-28 - Gamas de intensidade de precipitação i (10)

Intensidade de precipitação $I/(s.m^2)$
0.010
0.015
0.020
0.025
0.030
0.040
0.050
0.060

Quadro 3-29 - Fatores de risco em função da situação (10)

Situação	Fator de risco
Caleira ou algeroz	1.0
Caleira ou algeroz onde o transbordo da água cause alguma inconveniência	1.5
Situação onde não exista caleira ou algeroz e onde exista o risco do caudal de cheia entrar dentro do edifício	2.0
Situação onde não exista caleira ou algeroz e em edifício onde seja exigido um maior grau de risco de cheia (p.e hospitais, edifícios de segurança, telecomunicação, etc)	3.0

Após estar determinada a intensidade de precipitação e o fator de risco associado, segue-se a determinação da área da cobertura. A norma (10) regula que, nos casos em que não seja aplicável o efeito do vento, a área da cobertura seja calculada através do produto entre a largura e o comprimento em planta. Para isso, é necessário obter uma dimensão B , que corresponde à largura do telhado, da caleira ao cume, e que é calculada através da equação [35]:

$$B = \sqrt{T^2 - H^2} \quad [35]$$

Onde T corresponde à distância entre o cume do telhado e a caleira, medido ao longo do telhado (m) e H corresponde à altura do cume à caleira (m), conforme se demonstra na *Figura 3-11*:

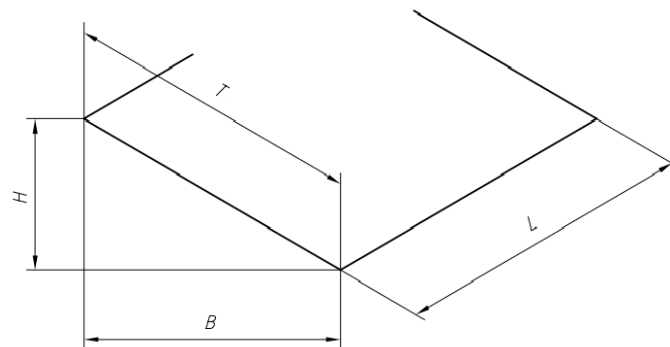


Figura 3-11 - Dimensões da cobertura (10)

Obtemos então a equação [36], de cálculo da área do telhado:

$$A = L \times B \quad [36]$$

Em que L representa o comprimento do telhado (m) e A, a área do telhado (m²).

A norma define ainda o método de cálculo tendo em conta o efeito que o vento provoca na chuvada através do *Quadro 3-30*:

Quadro 3-30 - Área do telhado em função da influência do vento (10)

Tipo de influência do vento	Área do telhado
Chuva impulsionada pelo vento, com ângulo de até 26° com a vertical	$A = L \times \left(B + \frac{H}{2} \right)$
Chuva perpendicular ao telhado	$A = L \times T$

Definidas as parcelas necessárias para o cálculo do caudal, área da cobertura, intensidade de precipitação e coeficiente de escoamento (que é definido como unitário, pois se admite que a cobertura é totalmente impermeável), passa-se para a determinação geométrica e hidráulica das diversas componentes da rede.

Começando pelos elementos horizontais, nomeadamente, as caleiras ou algerozes, a norma (10) define várias regras de cálculo em detrimento da geometria da caleira.

A norma faz a distinção entre dois tipos de caleiras:

- Caleiras com secção semicircular ou semelhante;
- Caleiras com secção retangular ou trapezoidal;

Começando pelas caleiras com secção semicircular ou semelhante, a sua capacidade é determinada a partir da sua secção transversal e através da equação [37]:

$$Q_L = 0.9 \times Q_N \quad [37]$$

Em que Q_L corresponde à capacidade de dimensionamento (l/s), Q_N corresponde à capacidade nominal da caleira (l/s) e 0.9 é um fator adimensional de segurança.

A capacidade nominal da caleira está diretamente associada à sua área da secção A (mm²), e para secções semicirculares ou semelhantes, pode ser definida através da equação [38]:

$$Q_N = 2.78 \times 10^{-5} \times A^{1.25} \quad [38]$$

A norma refere ainda que a área da secção é considerada para efeitos de cálculo é a área total que fique abaixo do nível de transbordo. Na Figura 3-12 são apresentadas as secções semicirculares tipo.



Figura 3-12 - Secções semicirculares tipo ou similares (10)

Em relação às caleiras retangulares ou trapezoidais, a metodologia de cálculo é semelhante, onde a capacidade de dimensionamento é obtida através da equação [37].

Para o cálculo da capacidade nominal, utiliza-se a seguinte equação [39]:

$$Q_N = 3.48 \times 10^{-5} \times A^{1.25} \times F_d \times F_s \quad [39]$$

Onde F_d e F_s são fatores que dependem da geometria da caleira, Figura 3-13, nomeadamente da profundidade e da forma, respetivamente e que devem ser obtidos através da Figura 3-14 e Figura 3-15.

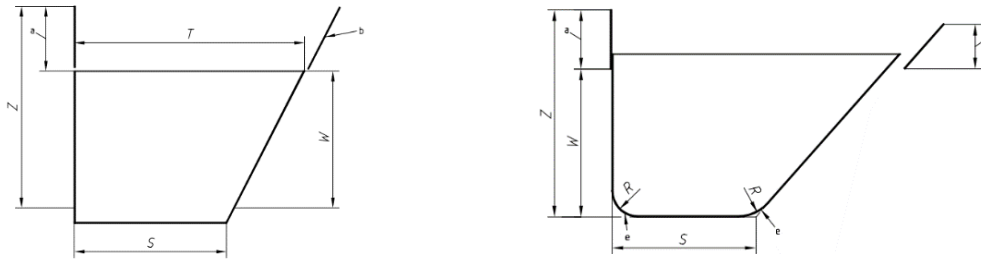


Figura 3-13 - Geometria das caleiras (10)

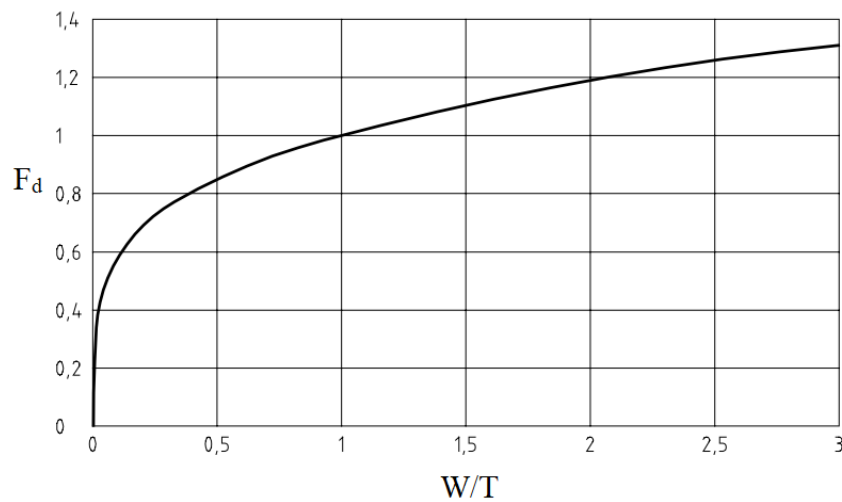


Figura 3-14 - Ábaco para determinar o fator de profundidade, F_d (10)

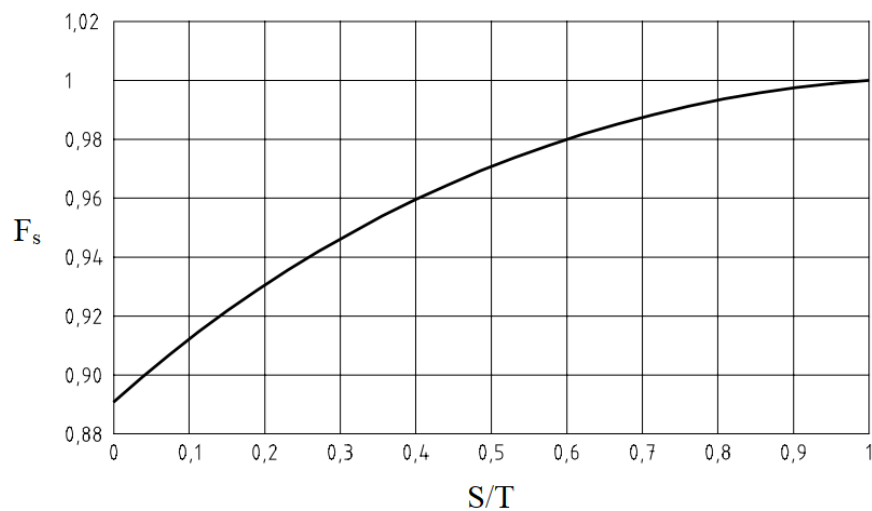


Figura 3-15 - Ábaco para determinar o fator de forma, F_s (10)

A norma referencia ainda que as caleiras podem ser dimensionadas como caleiras de nível ou com pendentes, no caso de não existirem contraindicações feitas pela legislação local. Caleiras definidas com uma pendente inferior a 0.3% deverão ser dimensionadas com caleiras de nível.

Estes métodos de cálculo para as dimensões das caleiras, são aplicáveis quando as caleiras são “pequenas”, o que, segundo a norma, são caleiras em que o seu comprimento não é superior a 50 vezes a altura de água definida (que neste caso é a própria altura da caleira).

Caso a caleira em questão não se enquadre nesse critério, a capacidade de dimensionamento Q_L terá de ser multiplicada por um fator de capacidade F_L , que depende da relação entre o comprimento da caleira, L e a altura da água admitida, W , e da pendente da própria caleira, e cujos valores se apresenta no *Quadro 3-31*. Refere-se ainda, que este fator só é aplicável nos casos em que as caleiras tem apenas uma saída vertical, caso tenha mais que uma, a caleira deve ser dimensionada como se fosse de nível.

Quadro 3-31 - Fator de capacidade F_L para caleiras (10)

L/W	Fator de capacidade F_L				
	0 mm/m a	4 mm/m	6 mm/m	8 mm/m	10 mm/m
50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
75	0.97	1.02	1.04	1.07	1.09
100	0.93	1.03	1.08	1.13	1.18
125	0.90	1.05	1.12	1.20	1.27
150	0.86	1.07	1.17	1.27	1.37
175	0.83	1.08	1.21	1.33	1.46
200	0.80	1.10	1.25	1.40	1.55
225	0.78	1.10	1.25	1.40	1.55
250	0.77	1.10	1.25	1.40	1.55
275	0.75	1.10	1.25	1.40	1.55
300	0.73	1.10	1.25	1.40	1.55
325	0.72	1.10	1.25	1.40	1.55
350	0.70	1.10	1.25	1.40	1.55
375	0.68	1.10	1.25	1.40	1.55
400	0.67	1.10	1.25	1.40	1.55
425	0.65	1.10	1.25	1.40	1.55
450	0.63	1.10	1.25	1.40	1.55
475	0.62	1.10	1.25	1.40	1.55
500	0.60	1.10	1.25	1.40	1.55

Caso a caleira tenha uma inclinação superior a 1%, as capacidades de dimensionamento, tanto para caleiras semicirculares como para retangulares ou trapezoidais, devem ser multiplicadas por um fator de redução de 0.85.

O passo seguinte no dimensionamento do sistema de drenagem segundo a EN12056-3 é a definição do orifício de saída da caleira, em concreto, a sua ligação ao tubo de queda.

Para se proceder a esta etapa, a norma faz a diferenciação entre soleiras planas e não planas. Para o dimensionamento de saídas em caleiras com soleiras não planas, é referido que a melhor metodologia para dimensionar o orifício para este tipo de caleiras é um método experimental, definido no Anexo A da norma 12056-3 (10).

Para a execução do teste, é definida como condição obrigatória que a área da abertura para o tubo de queda seja pelo menos o dobro da secção do respetivo tubo de queda. É ainda definido que caso o orifício seja dotado de um ralo ou qualquer outro tipo de dispositivo de proteção, a capacidade de escoamento da caleira seja reduzida para metade.

Já para o cálculo de orifícios nas caleiras com soleira plana, a norma aponta para uma série de equações em função do tipo de secção do orifício, se é circular ou não, e da altura a que o escoamento se processa na caleira.

O Quadro 3-32 apresenta as equações, assim como as suas condições de utilização:

Quadro 3-32 - Capacidade dos orifícios de descarga (10)

Secção circular	Secção não circular
$Q = \frac{k_0 \times D \times h^{1.5}}{7500}$ <p>Aplicável quando: $h \leq \frac{D}{2}$</p>	$Q = \frac{k_0 \times L_w \times h^{1.5}}{24000}$ <p>Aplicável quando: $h \leq \frac{2 \times A_0}{L_w}$</p>
$Q = \frac{k_0 \times D^2 \times h^{0.5}}{15000}$ <p>Aplicável quando: $h > \frac{D}{2}$</p>	$Q = \frac{k_0 \times A_0 \times h^{0.5}}{12000}$ <p>Aplicável quando: $h > \frac{2 \times A_0}{L_w}$</p>
<p>Onde: Q – Caudal de cálculo (l/s); D – Diâmetro do orifício (mm); h – Altura do escoamento (mm); L_w – Comprimento do descarregador acima do qual a água pode escoar (mm); A₀ – Área da secção do orifício não circular (mm²); k₀ – Coeficiente do orifício (adim.)</p>	

A norma (10) esclarece que para o coeficiente do orifício, k_0 , é tomado o valor unitário, no caso de não existirem quaisquer obstruções, ou 0.5, no caso de existirem ralos ou outro dispositivo de proteção do orifício.

Para além disso, a altura do escoamento, h , é obtida através da equação [40]:

$$h = F_h \times W \quad [40]$$

Em que W é a altura da caleira conforme a Figura 3-13, em milímetros, e F_h , fator de altura do escoamento, obtido em função da relação das grandezas S e T , demonstrada na Figura 3-16:

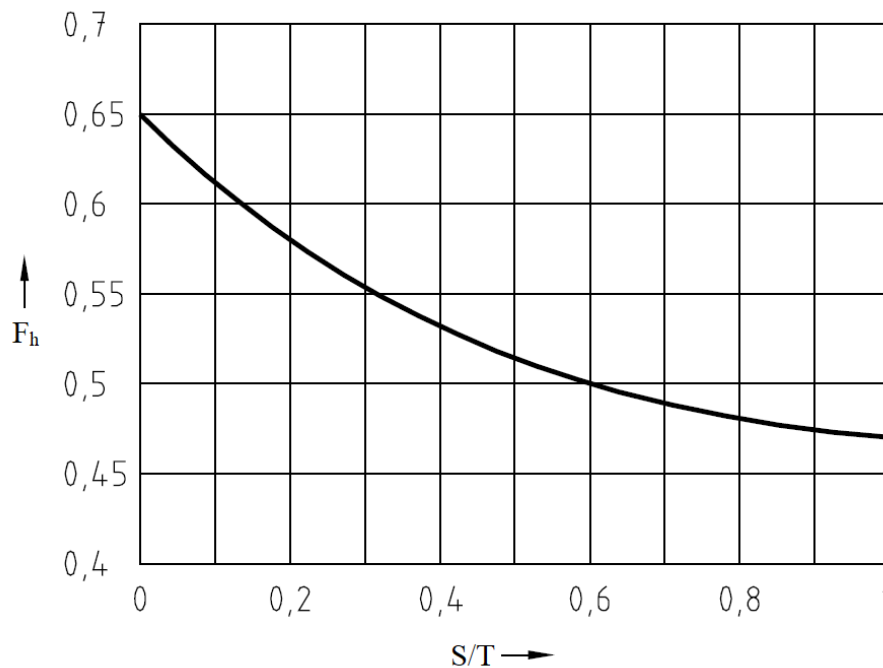


Figura 3-16 - Ábaco para determinar o fator de altura do escoamento, $F_h(10)$

A norma prossegue o processo de dimensionamento do sistema com a definição dos tubos de queda., onde faz a diferenciação entre tubos de queda verticais com secção cheia ou parcialmente cheia, ou seja, sifonados ou não sifonados.

Para o dimensionamento de tubos de queda com secção parcialmente cheia, a norma define a secção máxima em função do caudal máximo a drenar, determinado, anteriormente para a respetiva área da cobertura que drena pelo tubo de queda através da equação [34] e, também, pela taxa de ocupação do escoamento no tubo de queda. Esta correlação é exibida na norma EN12056-3 através da equação [41]:

$$Q_{TQ} = 2.5 \times 10^{-4} \times k_s^{-1.067} \times d_i^{2.667} \times f^{1.667} \quad [41]$$

Em que:

Q_{TQ} é o caudal do tubo de queda disponível, (l/s), k_s é o coeficiente de rugosidade (em mm, e assume-se o valor de 0.25 mm), d_i representa o diâmetro interior do tubo de queda (mm) e f o fator da taxa de ocupação do escoamento (adim.).

O fator de taxa de ocupação deverá ter o valor de 0.33 exceto se a legislação nacional ou local definir um valor que possa variar entre 0.33 e 0.20. No *Quadro 3-33*, apresenta-se o caudal para diversos diâmetros em função das taxas de ocupação, e em conformidade com equação [41].

Quadro 3-33 - Capacidade dos tubos de queda (10)

D_i (mm)	Q_{Tq} (l/s)	
	$f=0.2$	$f=0.33$
50	0.7	1.7
60	1.2	2.7
75	2.2	5.0
90	3.5	8.1
100	4.6	10.7
110	6.0	13.8
120	7.6	17.4
140	11.4	26.3
160	16.3	37.5
180	22.3	51.4
200	29.5	68.0
300	87.1	200.6

Ainda para o escoamento com secção parcialmente cheia, a norma evidêcia que caso haja um troço do tubo de queda que seja não vertical, e que faça um ângulo inferior a 10° com a horizontal, conforme se observa no lado direito da *Figura 3-17*, o diâmetro do troço e o seu respetivo caudal deve ser calculado como para um coletor horizontal, e com uma taxa de ocupação não superior a 0.7.

No caso contrário, conforme o lado esquerdo da *Figura 3-17*, toma-se esse troço como vertical e prossegue-se com o cálculo.

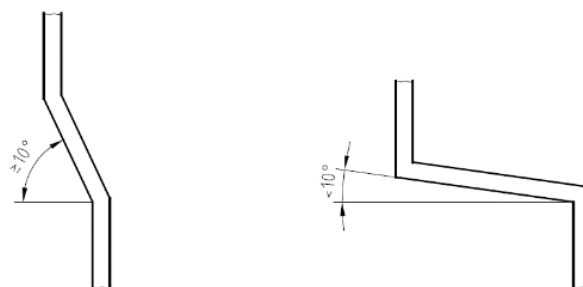


Figura 3-17 - Efeitos da inclinação do troço horizontal do tubo de queda (10)

Para tubos de queda sifonados, o dimensionamento é feito tendo em conta o caudal da área de telhado a drenar. A norma 12056-3 (10) descreve que para tubos de queda com secção cheia:

- o diâmetro interno (d_i) mínimo será pelo menos 32 mm e é permitido existir uma redução do diâmetro no sentido do escoamento, salvo alguma contra-indicação;
- velocidade do escoamento suficiente para garantir um escoamento sem obstruções;
- a pressão de dimensionamento deverá ter em consideração o colapso ou danos nas tubagens;
- o processo de dimensionamento deverá ser garantido pelo método experimental;

Resta dimensionar os coletores de águas pluviais, a norma (10) esclarece que o seu cálculo pode ser feito recorrendo a qualquer equação hidráulica estabelecida, mas identifica a equação de Colebrook-White como método a seguir.

O *Quadro 3-26* estabelece os caudais máximos, em função da inclinação do coletor e do seu diâmetro, com coeficiente de rugosidade de 1.0 mm, viscosidade igual a $1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e um grau de ocupação do coletor de 70%.

A norma prevê:

- O diâmetro mínimo para um coletor pluvial seja de 100 mm, salvo a legislação nacional ou local determine outro diâmetro mínimo.
- Caso o sistema de drenagem pluvial do edifício ou moradia se ligue a um sistema público misto, o coletor predial deve ser dotado de uma caixa de visita sifonada a montante da ligação para evitar a entrada de odores vindos das águas residuais domésticas, nas habitações.
- É permitida a ligação de redes pluviais de pequena dimensão (pequenos telhados ou terraços) ao sistema drenagem residual, caso não existam contra-indicações nacionais ou locais, o diâmetro do tubo de queda adjacente é, no mínimo, 100 mm, o caudal não exceder 1.0 l/s e se garanta a sifonagem do sistema.

4. CASO DE ESTUDO

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

Para uma comparação mais concreta e objetiva entre os métodos de dimensionamento apresentados pela legislação portuguesa e europeia, procede-se a um caso de estudo de um edifício residencial para estudantes.

O edifício em questão é composto por quatro pisos, um piso térreo e três acima do nível do solo, com 18 fogos no total, três no piso térreo e cinco nos pisos 1, 2 e 3, com uma área total de implantação de 753 m² e com altura entre pisos de 3 metros. As tipologias variam entre T3 e T4 conforme o seguinte quadro:

Quadro 4-1 - Tipologias das frações

Piso	Fração	Tipologia
0	A, C	T3
0	B	T4
1, 2 e 3	A, C, E	T3
1, 2 e 3	B, D	T4

Na Figura 4-1 é apresentada a localização do edifício em estudo.



Figura 4-1 - Localização do edifício

Para a elaboração dos projetos em questão, nomeadamente para o dimensionamento das redes, é necessário saber a quantidade de dispositivos de cada fração:

- Frações A, C, D e E – 1 lava-loiças, 1 máquina de lavar roupa, 1 máquina de lavar loiça, 1 termoacumulador, 2 bacias de retrete, 2 lavatórios e 2 chuveiros;
- Fração B – 1 lava-loiças, 1 máquina de lavar roupa, 1 máquina de lavar loiça, 1 termoacumulador, 3 bacias de retrete, 3 lavatórios e 3 chuveiros;

Na Figura 4-2 é apresentada a planta do piso 0 e na Figura 4-3 a planta dos pisos 1, 2 e 3.



Figura 4-2 - Planta do piso 0 dividida por frações

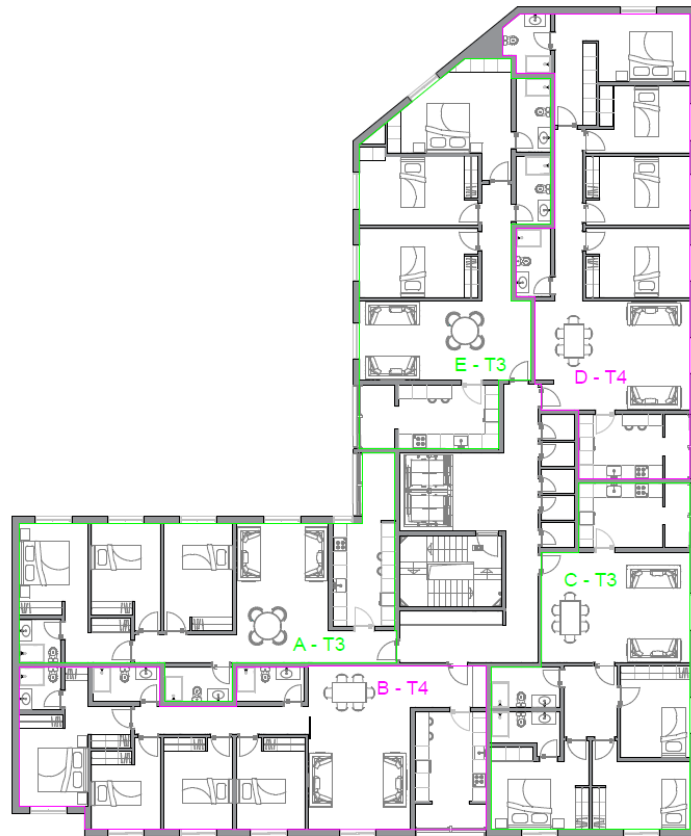


Figura 4-3 - Planta dos pisos 1,2 e 3 dividida por frações

4.2 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS

Para o dimensionamento das redes de distribuição predial de água fria e quente foram utilizadas as metodologias descritas nos subcapítulos 3.1.1 e 3.1.2, e consideradas as várias partes da rede, nomeadamente ramais de ligação, de introdução, de distribuição e de alimentação. Para cada troço da rede é determinado o diâmetro da tubagem a instalar, assim como a pressão na rede, nos vários pontos e a velocidade do escoamento.

Assume-se que a rede pública consegue abastecer a rede predial com uma pressão de 600 kPa no ponto de picagem.

A definição do traçado da rede tem em consideração a arquitetura do edifício, a possível localização das restantes especialidades, assim como as questões regulamentares já abordadas nesta dissertação anteriormente.

Considera-se que os ramais de ligação e de introdução são instalados no pavimento, os ramais de distribuição sob o teto falso e os ramais de alimentação em roço nas paredes. A distribuição entre

pisos é feita através colunas instaladas na courette localizada na zona comum do edifício (Figura 4-4).
Nessa mesma courette é feita a instalação dos vários contadores em série, por piso.

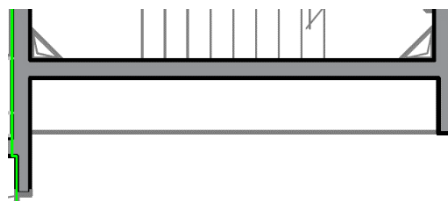


Figura 4-4 - Courette de localização das prumadas e contadores

Em termos de materialidades, considera-se que os ramais de distribuição e de alimentação, tanto de água fria como quente, são do material Multicamada. As restantes tubagens são em PEAD.

As alturas a que são feitas as ligações aos aparelhos são fundamentais para o cálculo da rede, como tal, seguem-se as alturas apresentadas na tabela:

Quadro 4-2 - Altura de instalação dos dispositivos

Dispositivo/componente	Altura de instalação do ramal (m)
Válvulas de cortes (divisões)	1.00
Termoacumulador	1.80
Lava-loiças	0.80
Máquinas de lavar loiça e roupa	0.60
Lavatório	0.80
Banheira	0.50
Bacia de retrete	0.40

É considerada a instalação de válvulas de seccionamento em cada divisão assim como na entrada de cada fração.

Em relação à água quente, a sua produção é feita através de um termoacumulador instalado na cozinha, e a rede é colocada por cima da rede de água fria a uma distância de 5 centímetros da mesma. Ambas as redes têm uma inclinação de 0.5% no sentido do escoamento.

No anexo 1.1 é apresentada a planta das redes de distribuição de água fria e quente para o piso 3 (piso mais desfavorável em termos de dimensionamento), assim como o cálculo dos diâmetros das redes e as verificações de pressão e velocidade, no anexo 2.1.

4.3 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL

A rede de drenagem residual doméstica do edifício apresentado é composta por ramais de descarga, tubos de queda, coletores prediais, caixas de inspeção e acessórios, concretamente sifões e caixas de pavimento. Trata-se de um sistema de drenagem gravítico, e assume-se que existe cota suficiente para a ligação da caixa de inspeção final à rede pública, sem se recorrer a qualquer bombagem.

Procura-se sempre obter o trajeto mais favorável e curto, atendendo aos condicionamentos impostos pela arquitetura do edifício, assim como a possível integração com os restantes projetos de especialidades.

Sempre que possível e benéfico, a ligação da rede de drenagem dos dispositivos de águas de sabão, aos tubos de queda, ser feita através de um ramal de descarga coletiva com uma caixa de pavimento sifonada, a montante.

Os tubos de queda são instalados em roços nas paredes e prolongados até um metro acima da cobertura para garantir a ventilação primária da rede.

Os coletores prediais são instalados nos pisos 0 e 1, sob o pavimento, encastrados, e com mudanças de sentido feitas através de curvas e ligações dos vários ramais feitos através de tês ou curvas com um ângulo inferior a 90° no sentido da pendente. A *Figura 4-5* apresenta um exemplo tipo de instalação a considerar para este caso de estudo.



Figura 4-5 - Exemplo de Instalação sob o pavimento

A montante do ramal de ligação ao coletor público existe uma caixa de inspeção que faz a conexão entre os coletores prediais na zona de entrada do prédio.

A ventilação é feita através do prolongamento dos tubos de queda até à cobertura, não está prevista a instalação de colunas e ramais de ventilação secundária.

Para este caso de estudo foram consideradas todas as tubagens e acessórios em PVC.

O dimensionamento da rede de drenagem residual segundo a DR 23/95 (6) é feito conforme descrito no capítulo 3.2.1, considerando-se um escoamento a meia secção para os ramais de descarga e

coletores prediais e taxas de ocupação dos tubos de queda entre 1/6 e 1/7. A inclinação para os troços é de 1% por defeito, mas foi considerado o seu aumento quando este leva a um diâmetro mais reduzido, quer para os ramais de ligação quer para os coletores prediais.

Para o dimensionamento através do método da norma europeia EN12056, a rede é considerada como se enquadrando dentro do sistema 2, de forma a ser possível fazer-se uma comparação correta e em condições semelhantes. No cálculo das UC é admitido um coeficiente de simultaneidade de 0.5, conforme o definido no *Quadro 3-16*. Neste dimensionamento é considerada a inclinação de 1.5% para os troços, sendo aumentado sempre que for possível reduzir o diâmetro da tubagem.

São determinados os comprimentos das tubagens, em função da sua projeção horizontal e da inclinação adotada para cada troço.

São, ainda, verificados os diâmetros mínimos para o método da legislação nacional e os comprimentos máximos segundo a norma europeia.

As plantas dos pisos com a representação da rede de drenagem residual doméstica são apresentadas no Anexo 1.2.

4.4 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

A rede de drenagem pluvial, para este caso de estudo, é simplesmente a drenagem associada à cobertura não acessível do edifício. Esta cobertura é inclinada com várias pendentes, conforme se pode verificar pela *Figura 4-6*.

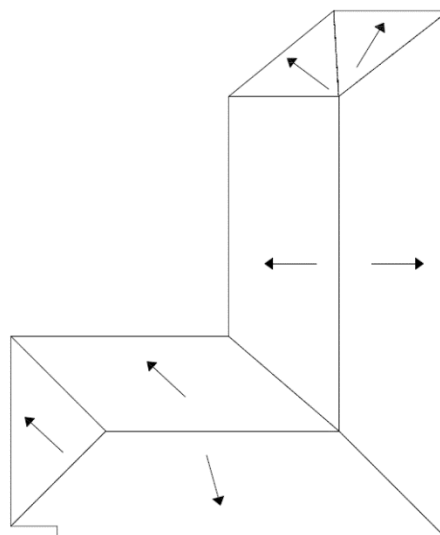


Figura 4-6 - Cobertura do edifício e indicação das suas inclinações

Esta rede é composta por caleiras que conduzem as águas até aos tubos de queda, que por sua vez fazem o transporte das águas até aos coletores prediais instalados no exterior do edifício. A partir

destes coletores e da caixa de visita a jusante é feita a ligação com a rede de drenagem pluvial pública. Não havendo cadastro do coletor público, a caixa de visita é colocada em local onde seja, provavelmente, possível a sua ligação à rede pública.

As caleiras estão localizadas ao longo do perímetro da cobertura, com uma pendente de 1% no sentido do tubo de queda para o qual drenam, à vista, e de secção retangular.

Os tubos de queda são totalmente verticais, circulares, com entrada igualmente circular, dotados de ralos de pinha para evitar a entrada de detritos que podem condicionar negativamente o escoamento e que fazem a ligação aos coletores prediais através de curvas ou então nas caixas de visita a instalar. Estes tubos de queda são instalados no exterior no edifício, à vista e presos à fachada do edifício com abraçadeiras que garantem a sua estabilidade e bom funcionamento.

Os coletores prediais da rede pluvial são totalmente exteriores e enterrados, fazendo as suas mudanças de direção através de caixas de visita. Considera-se uma pendente de 2% para este tipo de coletores.

Todos os elementos desta rede serão em PVC, com a exceção das caixas de visita que estão previstas serem feitas *in situ* e em alvenaria.

Para o dimensionamento da rede conforme o DR 23/95 (6) é necessário o cálculo da precipitação e da sua intensidade em função das regiões pluviométricas e das curvas I-D-F, tendo sido considerado que o edifício se localiza na zona A, um período de retorno de 10 anos e um tempo de concentração de 5 minutos.

Quadro 4-3 - Cálculo da intensidade de precipitação

Zona:	A		a =	290.68	
Período de Retorno:	10	anos	b =	-0.549	
Tempo de Concentração:	5	minutos	i =	120.138	(mm/h)
				333.717	(L.ha/s)
				2.002	(L.m ² /min)

Com a determinação da intensidade de precipitação e com a definição das áreas a drenar por cada caleira, *Figura 4-7*, são obtidos os caudais de cálculo, admitindo um coeficiente de escoamento unitário (área impermeável).

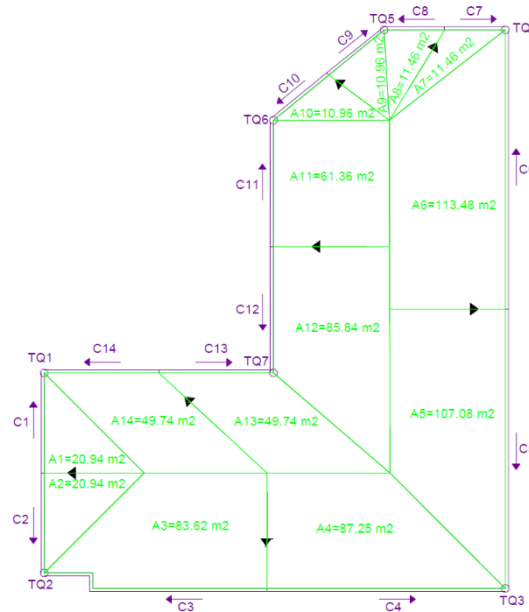


Figura 4-7 - Áreas a drenar

A partir desses caudais determinam-se as dimensões das caleiras, nomeadamente altura e largura, tendo como critério a utilização de apenas 70% da altura da caleira como altura máxima do escoamento a efetuar.

Para o cálculo dos tubos de queda são utilizados os caudais drenados por cada tubo, definidos pelas caleiras que para eles confluem conforme a *Figura 4-7*, e considerada uma carga no tubo de queda máxima de 50 milímetros. Os coletores prediais foram calculados considerando uma inclinação de 2%, com as direções indicadas na *Figura 4-8*, e um escoamento a secção cheia.

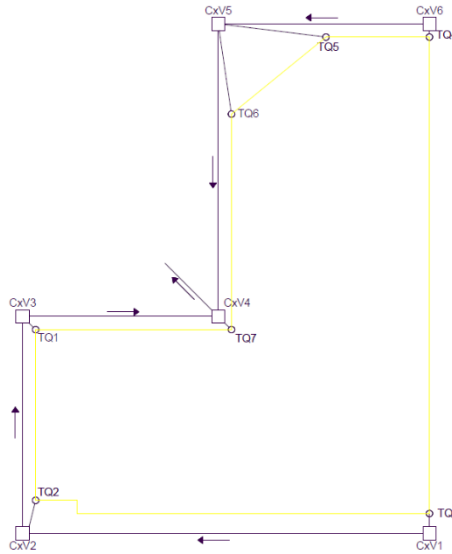


Figura 4-8 - Traçado da rede de coletores e caixas pluviais

O dimensionamento segundo a norma europeia EN12056 (10) é feito para os mesmos elementos da rede pluvial que o DR 23/95 (6). É considerada a mesma intensidade de precipitação determinada pelo método descrito pelo DR 23/95, *Quadro 4-3*, e de acordo com a metodologia indicada no capítulo 3.3.1.

Considera-se também que as caleiras serão retangulares e que a razão S/T, indicada na *Figura 3-13*, é unitária. O caudal a drenar por cada caleira é o mesmo que para a metodologia indicada pelo DR 23/95 (6).

A determinação das secções dos tubos de queda segundo a EN12056-3 (10) considera uma taxa de ocupação de 1/3.

Já para os coletores prediais de drenagem pluvial, os seus diâmetros são determinados através do *Quadro 3-26*, tomando os caudais de cálculo inferiores aos caudais de capacidade máxima correspondentes a cada diâmetro, para uma taxa de ocupação de 70%.

5. RESULTADOS E CONCLUSÕES FINAIS

Após as definições dos critérios para os dimensionamentos das redes, quer do DR 23/95 quer das normas europeias EN806 e EN12056, assim como da descrição do caso de estudo, das suas implicações e assunções feitas, este capítulo debruça-se sobre os resultados obtidos do dimensionamento e pela comparação dos mesmos, discussão e conclusões.

5.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS

Iniciando-se pela rede de abastecimento de águas fria e quente, os fatores a serem comparados pelas duas metodologias são os diâmetros obtidos para os ramais de distribuição e alimentação, e as pressões nos pontos finais dos troços definidos.

Dada a extensão de dados e de frações presentes no edifício descrito no capítulo do caso de estudo, a análise desta rede recai apenas sobre a rede de distribuição de água fria da fração 3-D, sendo esta a mais desfavorável, ou seja, que contém o dispositivo que possui maior distância em relação ao ponto de picagem na rede de abastecimento pública. Na Figura 5-1 apresenta-se a representação da rede de distribuição considerada.

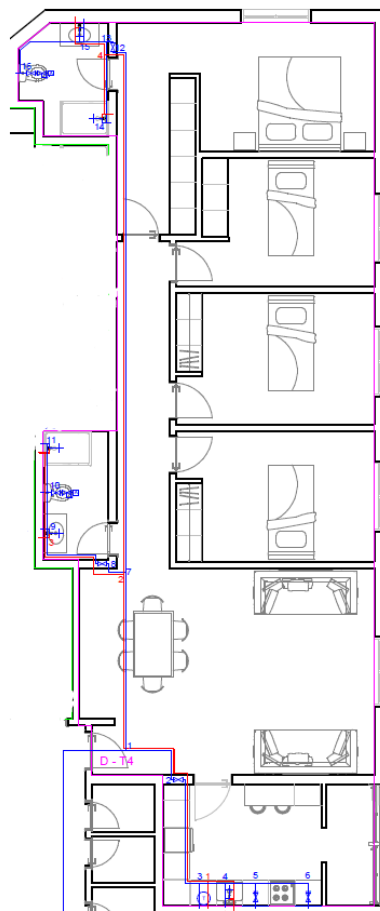


Figura 5-1 - Rede de distribuição de água fria e quente para a fração 3-D

Quadro 5-1 - Comparação dos diâmetros dos ramais para o abastecimento de água

Troço	DR 23/95		EN 806	
	Caudal (l/s)	Diâmetro (mm)	UC	Diâmetro (mm)
3.D.Cont.D - 1	0.50	40	17.00	25
3.D.1 - 2	0.46	32	9.00	20
3.D.2 - 3	0.46	32	9.00	20
3.D.3 - Term.	0.25	25	3.00	16
3.D.3 - 4	0.39	25	6.00	20
3.D.4 - LI	0.20	20	2.00	16
3.D.4 - 5	0.35	25	4.00	16
3.D.5 - MII	0.15	20	2.00	16
3.D.5 - 6	0.20	20	2.00	16
3.D.6 - Mlr	0.20	20	2.00	16
3.D.1 - 7	0.31	32	8.00	20
3.D.7 - 8	0.25	25	4.00	16
3.D.8 - 9	0.25	25	4.00	16
3.D.9 - Lv	0.10	20	1.00	16
3.D.9 - 10	0.25	25	3.00	16
3.D.10 - Br	0.10	20	1.00	16
3.D.10 - 11	0.15	20	2.00	16
3.D.11 - Chm	0.15	20	2.00	16
3.D.7 - 12	0.25	25	4.00	16
3.D.12 - 13	0.25	25	4.00	16
3.D.13 - 15	0.20	20	2.00	16
3.D.15 - Lv	0.10	20	1.00	16
3.D.15 - 16	0.10	20	1.00	16
3.D.16 - Br	0.10	20	1.00	16
3.D.13 - 14	0.15	20	2.00	16
3.D.14 - Chm	0.15	20	2.00	16

Como se pode observar do *Quadro 5-1*, o dimensionamento da rede de distribuição de água pela norma europeia EN 806 (14) conduz a diâmetros mais reduzidos do que seguindo a metodologia apontada pelo DR 23/95 (6). Convém referir que no processo de dimensionamento segundo a legislação portuguesa, optou-se por utilizar diâmetros que conduziram a valores de velocidade os mais próximos de 1 m/s.

Quadro 5-2 - Comparação das pressões nos ramais para o abastecimento de água

Troço	DR 23/95			EN 806		
	Pressão Inicial (kPa)	Perda de carga total (kPa)	Pressão Final (kPa)	Pressão Inicial (kPa)	Perda de carga total (kPa)	Pressão Final (kPa)
3.D.Cont.D - 1	489.10	16.32	472.78	488.71	18.32	470.39
3.D.1 - 2	472.78	-17.47	490.24	470.39	-16.94	487.33
3.D.2 - 3	490.24	17.90	472.34	487.33	18.77	468.56
3.D.3 - Term.	472.34	-9.72	482.06	468.56	-9.50	478.06
3.D.3 - 4	472.34	0.07	472.27	468.56	0.18	468.38
3.D.4 - LI	472.27	-19.22	491.50	468.38	-19.41	487.79
3.D.4 - 5	472.27	0.07	472.21	468.38	0.58	467.80
3.D.5 - MII	472.21	-21.25	493.46	467.80	-21.45	489.26
3.D.5 - 6	472.21	0.18	472.02	467.80	0.44	467.36
3.D.6 - Mlr	472.02	-21.16	493.18	467.36	-21.37	488.73
3.D.1 - 7	472.78	0.19	472.58	470.39	0.83	469.55
3.D.7 - 8	472.58	-17.46	490.05	469.55	-17.31	486.87
3.D.8 - 9	490.05	17.96	472.09	486.87	18.69	468.17
3.D.9 - Lv	472.09	-19.44	491.53	468.17	-19.60	487.78
3.D.9 - 10	472.09	0.05	472.04	468.17	0.45	467.72
3.D.10 - Br	472.04	-23.33	495.37	467.72	-23.53	491.25
3.D.10 - 11	472.04	0.13	471.91	467.72	0.25	467.47
3.D.11 - Chm	471.91	-22.27	494.18	467.47	-22.53	490.00
3.D.7 - 12	472.58	-16.54	489.12	469.55	-11.15	480.71
3.D.12 - 13	489.12	17.82	471.30	480.71	17.75	462.95
3.D.13 - 15	471.30	0.08	471.22	462.95	0.19	462.76
3.D.15 - Lv	471.22	-19.41	490.64	462.76	-19.56	482.33
3.D.15 - 16	471.22	0.17	471.06	462.76	0.22	462.54
3.D.16 - Br	471.06	-23.33	494.39	462.54	-23.53	486.07
3.D.13 - 14	471.30	0.22	471.09	462.95	0.41	462.54
3.D.14 - Chm	471.09	-19.37	490.46	462.54	-19.60	482.14

Conforme se verifica no *Quadro 5-2*, a metodologia seguida pela norma europeia (14) conduz a valores superiores de perda de carga total, e consequentemente a valores de pressão inicial e final inferiores às pressões obtidas através do dimensionamento seguindo o DR 23/95.

5.2 REDE DE DRENAGEM RESIDUAL

Em relação à rede de drenagem residual, e pelos motivos indicados acima e por uma questão de continuidades, a análise dos resultados das componentes da rede de drenagem foca-se apenas na rede da fração 3-D. Nestes elementos da rede são analisados os caudais de cálculo para os diferentes dispositivos assim como os diâmetros a que as duas metodologias conduzem.

Para os tubos de queda são analisados os tubos que fazem a transição entre o piso 1 e 0, visto serem os que recebem maiores descargas, e como tal, onde os resultados podem variar mais. A análise foca-se, também, nos caudais e diâmetros obtidos por cada um dos documentos.

Já para os coletores prediais evidenciam-se apenas os coletores do piso 0 localizados no hall de entrada, visto serem os coletores de maiores diâmetros e que, como no caso dos tubos de queda, são os coletores onde se prevê maiores diferenças de resultados entre métodos.

A rede de drenagem residual para a fração 3-D é apresentada na Figura 5-2.

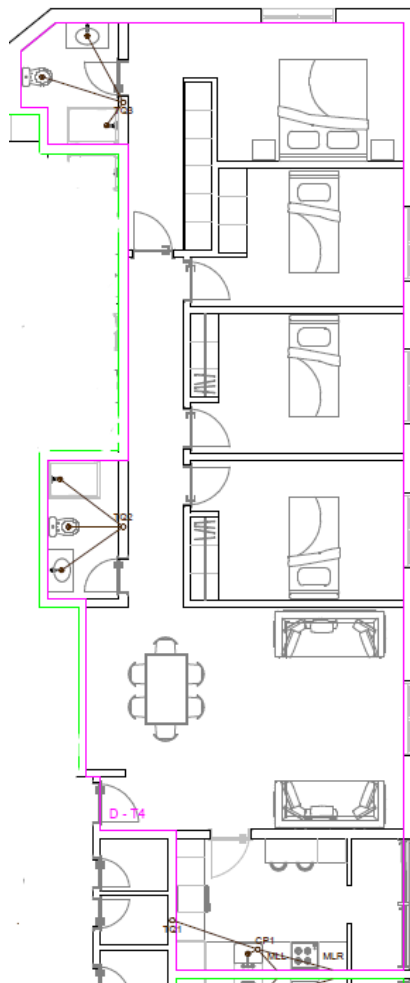


Figura 5-2 - Rede de drenagem residual para a fração 3-D

Quadro 5-3 - Comparação dos diâmetros dos ramais de descarga

Troço	DR 23/95		EN 12056	
	Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)	UC (l/min)	Diâmetro (mm)
3.D.Mlr - CP1	60.00	63	23.24	30
3.D.MII - CP1	60.00	63	23.24	30
3.D.Lv - CP1	30.00	50	16.43	30
3.D.CP1 - TQ1	106.07	90	36.74	50
3.D.Lv - TQ2	30.00	50	16.43	30
3.D.Br - TQ2	90.00	90	40.25	50
3.D.Chm - TQ2	30.00	50	21.21	30
3.D.Chm - TQ3	30.00	50	21.21	30
3.D.Br - TQ3	90.00	90	40.25	50
3.D.Lv - TQ3	30.00	50	16.43	30

Como é possível verificar através do *Quadro 5-3*, o método de dimensionado descrito pela norma EN 12056 (9) conduz a caudais de cálculo mais reduzidos e, conseqüentemente, ramais de descarga com diâmetros mais reduzidos.

Quadro 5-4 - Comparação dos diâmetros dos tubos de queda para águas residuais

Troço	DR 23/95		EN 12056	
	Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)	UC (l/min)	Diâmetro (mm)
1.A.TQ1	159.10	110	201.25	100
1.A.TQ2	159.10	110	233.68	100
1.A.TQ3	159.10	110	209.14	100
1.B.TQ1	159.10	110	201.25	100
1.B.TQ2	159.10	110	233.68	100
1.B.TQ3	159.10	110	233.68	100
1.B.TQ4	159.10	110	209.14	100
1.C.TQ1	159.10	110	233.68	100
1.C.TQ2	159.10	110	233.68	100
1.C.TQ3	159.10	110	110.23	80
1.E.TQ1	329.67	140	1213.41	200

O *Quadro 5-4* demonstra que o cálculo preconizado pela norma EN 12056 (9) leva a resultados de caudal e diâmetros mais reduzidos, com a exceção para o tubo de queda *1.E.TQ1*, tubo esse que recebe as águas residuais das frações C, D e E no piso 1 e faz o seu transporte até ao piso 0.

Quadro 5-5 - Comparação dos diâmetros dos coletores prediais de águas residuais

Troço	DR 23/95		EN 12056	
	Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)	UC (l/min)	Diâmetro (mm)
0.Hall.1 - 2	461.01	160	2506.861	250
0.Hall.2 - CR1	550.02	160	3303.148	300
0.Hall.TQ1 - CR1	329.67	140	1213.405	225
0.Hall.CR1 - Coletor Público	638.64	180	4516.553	300

No que concerne os coletores prediais, é evidenciado pelo quadro, que a legislação portuguesa (6) conduz a resultados mais reduzidos, quer em termos de caudal de cálculo que de diâmetros dos coletores em si.

5.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL

As análises de resultados dos cálculos para a rede de drenagem pluvial segundo as metodologias das duas normas, recaem sobre os elementos da rede presentes no caso de estudo, nomeadamente, caleiras, tubos de queda e coletores.

Relativamente ao dimensionamento das caleiras, conforme já indicado anteriormente, utiliza-se a intensidade de precipitação obtida através das curvas I-D-F para se calcular o caudal de cálculo, que drena por cada troço de caleira, associada a uma área de cobertura, também já apresentada anteriormente na *Figura 4-7*.

No caso destes elementos são comparadas as secções obtidas por cada troço e a sua correspondente vazão. As secções consideradas como solução são as *standards*: 100x50, 150x75 e 200x100.

Quadro 5-6 - Comparação das secções das caleiras

Caleira	Caudal de cálculo (l/min)	DR 23/95		EN 12056	
		Secção	Caudal (l/min)	Secção	Caudal (l/min)
C1	41.93	100x50	104.17	100x50	67.45
C2	41.93	100x50	104.17	100x50	67.45
C3	167.43	150x75	307.14	150x75	185.88
C4	174.70	150x75	307.14	150x75	185.88
C5	214.41	150x75	307.14	200x100	381.57
C6	227.22	150x75	307.14	200x100	381.57
C7	22.95	100x50	104.17	100x50	67.45
C8	22.95	100x50	104.17	100x50	67.45
C9	21.95	100x50	104.17	100x50	67.45
C10	21.95	100x50	104.17	100x50	67.45
C11	122.86	150x75	307.14	150x75	185.88
C12	171.88	150x75	307.14	150x75	185.88
C13	99.59	100x50	104.17	150x75	185.88
C14	99.59	100x50	104.17	150x75	185.88

É possível verificar-se através do Quadro 5-6, que o dimensionamento pelo método do DR 23/95 (6) conduz a secções iguais na maioria das caleiras com exceção das caleiras C5, C6, C13 e C14, onde se obtêm secções inferiores. Nota-se, também, que para secções iguais, o caudal de dimensionamento obtido pela norma europeia EN 12056 (10) é inferior ao obtido com recurso ao DR 23/95 (6).

Para os tubos de queda de águas pluviais, os fatores em análise e comparação entre metodologias são, também, o caudal de cálculo e o diâmetro dos tubos a instalar. No Quadro 5-7 apresentam-se os caudais e diâmetros obtidos através de cada um dos métodos indicados pelo DR 23/95 (6) e pela norma EN 12056 (10).

Quadro 5-7 - Comparação dos diâmetros dos tubos de queda para águas pluviais

Tubo de queda	Caudal de cálculo (l/min)	DR 23/95		EN 12056	
		Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)	Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)
TQ1	141.52	157.98	50	164.56	60
TQ2	209.36	236.94	75	248.24	70
TQ3	389.11	394.86	125	416.64	85
TQ4	250.17	284.32	90	298.39	75
TQ5	44.89	157.98	50	101.19	50
TQ6	144.81	157.98	50	164.56	60
TQ7	271.47	284.32	90	298.39	75

Conforme se pode verificar, na maioria dos casos a norma EN 12056-3 (10) indica valores mais favoráveis de diâmetros, exceto para caudais de cálculo mais reduzidos, sendo que nesses casos é o DR 23/95 (6) que apresenta a solução ótima.

Por último, é feita a análise aos resultados obtidos para os coletores prediais da rede de drenagem pluvial no *Quadro 5-8*. Assim como nos componentes anteriormente analisados, o preponderante são os caudais de cálculo e os diâmetros obtidos através do DR 23/95 (6) e da EN 12056-3 (10).

Quadro 5-8 - Comparação dos diâmetros dos coletores prediais de águas pluviais

Coletor	Caudal de cálculo (l/min)	DR 23/95		EN 12056	
		Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)	Caudal (l/min)	Diâmetro (mm)
0.1.CxV1 - CxV2	389.11	1100.00	125	576.00	125
0.2.CxV2 - CxV3	598.47	1100.00	125	1092.00	150
0.3.CxV3 - CxV4	739.99	1100.00	125	1092.00	150
0.4.CxV5 - CxV4	250.17	781.00	110	354.00	100
0.5.CxV6 - CxV5	439.87	781.00	110	576.00	125

É possível verificar que, no computo geral, o DR 23/95 (6) conduz a diâmetros menores do que a norma EN 12056 (10). É importante destacar que, na metodologia de cálculo segundo a legislação portuguesa, o coletor 0.1.CxV1 - CxV2 tem um diâmetro de 125 mm pois, apesar de teoricamente poder ter um diâmetro mais reduzido, o tubo de queda que para ele conflui é de diâmetro 125 mm, e a legislação não permite a ligação do tubo de queda a um coletor com um diâmetro inferior.

5.4 CONCLUSÕES FINAIS

Com a execução dos cálculos de dimensionamento das redes associadas ao caso de estudo e a consequente análise aos resultados obtidos podemos chegar às seguintes conclusões:

- A metodologia segundo a norma EN 806 para o cálculo da rede de distribuição de água apresenta resultados menos exigentes, em termos de diâmetros da tubagem. Esta metodologia não pode ser conciliada com o DR 23/95 (6), pois, em alguns casos, a utilização de certos diâmetros conduz a valores de velocidade de escoamento superiores aos 2 m/s, o que segundo a legislação portuguesa, não é permitido;
- As perdas de carga unitárias e dinâmicas, obtidas a partir do método da norma EN 806, são superiores às calculadas através do descrito no DR 23/95 (6), o que se justifica pelo facto do caudal de cálculo, segundo a EN 806, ser superior e os diâmetros obtidos, menores, o que conduz a velocidades de escoamento superiores e consequentemente a maiores perdas de carga. As diferenças entre os valores de perda de carga levam a distintos valores de pressão inicial e final, com o dimensionamento segundo a legislação portuguesa a apresentar valores superiores nos dois parâmetros;
- Os ramais de descarga calculados através da norma europeia EN 12056, considerando que a rede está incluída no sistema 2, apresentam diâmetros inferiores aos obtidos através do DR 23/95 (6), pois, na norma europeia os caudais de cálculo da descarga, obtidos através das unidades de carga, são inferiores aos calculados pelo método mencionado na legislação nacional, o que conduz a valores de diâmetros igualmente inferiores.
- Os diâmetros obtidos para ramais de descarga através do método da EN 12056 são inferiores aos diâmetros mínimos referidos pela DR 23/95 (6), pelo que, para a integração da metodologia europeia, a legislação portuguesa deve ser revista;
- No dimensionamento de tubos de queda para a rede de drenagem residual, a norma EN 12056 conduz a diâmetros da tubagem mais reduzidos em comparação à legislação nacional, para um número reduzido de dispositivos a descarregar no mesmo tubo de queda. Esta conclusão prende-se com o facto de, segundo a norma EN 12056, a taxa de ocupação no tubo de queda ser superior à exigida e recomendada pelo DR 23/95 (6), o que leva a que as tubagens tenham maior disponibilidade para vazão, e, como consequência, sejam necessários diâmetros inferiores. Outro fator que influencia a diferença de resultados entre as duas metodologias é o coeficiente de simultaneidade, no caso do método do DR 23/95 este coeficiente é calculado a partir do número de dispositivos ligados ao mesmo tubo de queda, ao contrário do indicado na EN12056, onde este valor é constante. Associando estes dois fatores, taxa de ocupação e coeficiente de simultaneidade, pode-se constatar que para valores reduzidos de dispositivos ligados ao mesmo tubo de queda, a EN12056 apresenta diâmetros mais reduzidos, quando o número de dispositivos é elevado (na ordem dos 50 dispositivos) a EN 12056 apresenta

diâmetros superiores, pois o coeficiente de simultaneidade é muito superior ao definido pelo DR 23/95 (6);

- No dimensionamento de coletores prediais para redes de drenagem residual, constata-se que o DR 23/95 conduz a diâmetros mais reduzidos para os mesmos caudais de descarga. Assim como para a metodologia de cálculo dos tubos de queda, o coeficiente de simultaneidade tem um peso importante na condução destes resultados, pois o facto deste ser proporcional, segundo o DR 23/95 (6), leva a caudais de cálculo muito inferiores relativamente à metodologia apresentada pela norma europeia, o que leva a diâmetros menos exigentes em termos de dimensão;
- A metodologia de cálculo das secções das caleiras e respetiva capacidade de vazão indicada pelo DR 23/95 (6) garante valores inferiores em relação à norma europeia, para a mesma intensidade de precipitação, que no nosso caso de estudo, foi definida através das curvas I-D-F e das respetivas regiões pluviométricas;
- No exemplo do caso de estudo, os caudais de cálculo para os tubos de queda da rede pluvial obtidos a partir da norma EN 12056 são superiores aos calculados a partir do DR 23/95 (6). Apesar de se verificar isto no caso de estudo, esta conclusão não é linear e depende essencialmente da carga no tubo de queda utilizada no processo de cálculo segundo o regulamento português e da taxa de ocupação do escoamento usada para o cálculo segundo a EN 12056. O aumento da carga no tubo de queda leva a valores superiores de caudal de capacidade do tubo, sendo que não se recomenda a utilização de valores de carga superiores a 70% da altura da caleira que descarrega no tubo de queda. Relativamente à taxa de ocupação, quanto maior for, maior será o caudal escoado.
- Segundo o DR 23/95 (6), o dimensionamento dos coletores prediais para a rede pluvial conduz a capacidades de vazão mais elevadas em relação à EN 12056, para o mesmo diâmetro, o que garante que para drenar o mesmo caudal se obtenha uma tubagem de menor dimensão. Esta constatação é possível, pois, o DR 23/95 aconselha que o escoamento se processe em secção cheia, enquanto a norma europeia é mais conservadora e recomenda o uso de apenas 70% da secção total da tubagem.

Em suma, pode-se concluir que as normas europeias e o regulamento português têm pontos comuns e pontos divergentes, sendo possível integrar as normas europeias com a nossa legislação em vigor, que carece de uma revisão devido aos anos a que já foi implementada e pelos avanços tecnológicos tanto a nível de sistemas como de materiais e boas práticas.

As normas europeias, apesar de o seu objetivo principal ser dar linhas diretrizes e recomendações gerais aplicáveis a vários países que são complementadas com a legislação nacional de cada país, acabam por ser bastante completas e extensas, com informação sobre tudo o que é relevante em

relação a redes prediais, para além de métodos de cálculo, materiais, traçados e instalação, ainda se abordam temas como operação, manutenção e ensaios, que não foram incluídos neste trabalho.

O Decreto Regulamentar nº23/95 (6) é um documento, que, para a altura em que foi concebido e implementado é bastante completo, sendo menos extenso do que as normas europeias e que aborda mais temas para além das redes prediais, como por exemplo, as redes públicas.

A nível pessoal, foi bastante importante a execução deste trabalho final de mestrado pois me permitiu consolidar os meus conhecimentos sobre a legislação portuguesa, nomeadamente materiais permitidos para cada rede, condições de traçado e instalação e o próprio dimensionamento das redes complementado com a execução do caso de estudo, e também me possibilitou aprender metodologias diferentes, principalmente na parte do dimensionamento, ficando mais desperto para as principais competências que um engenheiro projetista de redes prediais deve possuir e que recomendações deve seguir.

6. BIBLIOGRAFIA

Livros:

- Hall, F (2008), *Manual de redes de águas e de esgotos* (6ª Edição). Edições CETOP, Lisboa. (1).
- Macintyre, A. J (1996). *Instalações Hidráulicas – Prediais e Industriais* (4ª Edição). LTC. (2).
- Paixão, M. d A. (1999). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais* (2ª Edição). Edições Orion, Lisboa (3)
- Pedroso, V M. R. (2008). *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas*. (4ª Edição). LNEC. Lisboa. (4).
- Quintela, A. C. (2011). *Hidráulica* (12ª Edição). Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa (5).

Regulamentos e Normas:

- *Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de agosto, Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Diário da República – I Série-B, Nº 194. (6)
- *Decreto-Lei n.º 177/2001, de 4 de junho, Regulamento Geral das Edificações Urbanas*. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Diário da República – I Série-A, Nº 129. (7)
- *EN 12056-1:2000. Gravity drainage systems inside buildings – Part 1: General and performance requirements*. European Committee for Standardization (CEN). (8)
- *EN 12056-2:2000. Gravity drainage systems inside buildings – Part 2: Sanitary pipework, layout and calculation*. European Committee for Standardization (CEN). (9)
- *EN 12056-3:2000. Gravity drainage systems inside buildings – Part 3: Roof drainage, layout and calculation*. European Committee for Standardization (CEN). (10)
- *EN 12056-4:2000. Gravity drainage systems inside buildings – Part 4: Wastewater lifting plants – Layout and calculation*. European Committee for Standardization (CEN). (11)
- *EN 12056-5:2000. Gravity drainage systems inside buildings – Part 5: Installation and testing, instructions for operation, maintenance and use*. European Committee for Standardization (CEN). (12)
- *EN 806-1:2000. Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 1: General*. European Committee for Standardization (CEN). (13)
- *EN 806-2:2000. Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 2: Design*. European Committee for Standardization (CEN). (14)
- *EN 806-3:2000. Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 3: Pipe sizing – Simplified method*. European Committee for Standardization (CEN). (15)

- *EN 806-4:2000. Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 4: Installation.* European Committee for Standardization (CEN). (16)
- *EN 806-5:2000. Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption – Part 5: Operation and Maintenance.* European Committee for Standardization (CEN). (17)
- EPAL (Ed.). (2020). *Manual de redes prediais (Edição 7)*. Lisboa. (18)

Dissertações e documentos técnicos:

- Baptista, F. P. (2011). *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria*. IST. (19)
- Botica, A. H. P. (2012). *Redes de Drenagem de Águas Residuais Domésticas em Edifícios*. IST. (20)
- DIAS, D. A. R. (2019). *Impactes do funcionamento de bombas “in-line” em redes prediais, nas redes públicas de abastecimento de água*. (21)
- Fernando, A. L., Rebelo, M. H., Benoliel, M. J., Diegues, P., Nico Casimiro, P., & (CS/04), I. G. de trabalho da C. S. para a Á. (2019). *Identificação de perigos e eventos perigosos em redes prediais de água para consumo humano*. (22)
- Gormley, M., Kelly, D., Campbell, D., Xue, Y., & Stewart, C. (2021). *Building drainage system design for tall buildings: Current limitations and public health implications*. *Buildings*; (23)
- Guerra, J. A. D. (2011). *Dimensionamento de Redes Hidráulicas Prediais*. ISEL. (24)
- Macedo, N. P. (2015). *Estudo de patologias em instalações prediais de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. Universidade do Porto. (25)
- Mangalekar, R. D., & Gumaste, K. S. (2021). *Residential water demand modelling and hydraulic reliability in design of building water supply systems: A review*. *Water Science and Technology: Water Supply*. (26)
- Müller, T. M., Leise, P., Lorenz, I. S., Altherr, L. C., & Pelz, P. F. (2021). *Optimization and validation of pumping system design and operation for water supply in high-rise buildings*. *Optimization and Engineering*. (27)
- Padrão, V. M. B. do R. (2016). *Redes de Drenagem de Águas Pluviais: A integração e o desenvolvimento de órgãos acessórios*. (28)
- Ribeiro, J. T. de G. (2014). *Sistemas elevatórios de águas residuais em edifícios*. (29)

(página em branco)

ANEXOS

Anexo 1: Peças desenhadas

Anexo 1.1: Rede de distribuição de água fria e quente

- ✓ Piso 0
- ✓ Piso 1, 2 e 3

Anexo 1.2: Rede de drenagem residual

- ✓ Piso 0
- ✓ Piso 1
- ✓ Piso 2 e 3

Anexo 1.3: Rede de drenagem pluvial

- ✓ Cobertura – Caleiras e tubos de queda
- ✓ Rede de coletores pluviais

Anexo 2: Peças escritas

Anexo 2.1 – Cálculo da rede de distribuição

- ✓ Norma Portuguesa
- ✓ Norma Europeia

Anexo 2.2 – Cálculo da rede de drenagem residual

- ✓ Norma Portuguesa
- ✓ Norma Europeia

Anexo 2.3 – Cálculo da rede de drenagem pluvial

- ✓ Norma Portuguesa vs. Norma Europeia

Anexo 2.1 – Norma Portuguesa

ÁGUA FRIA

Piso	Fração/Zona	Troços			Quantidade de dispositivos						Comprimento dos troços				Caudais			Tubo	Diâmetro				Perdas de Carga					Velocidade					
		Ponto Inicial	Ponto Final	Troço	Br	Chm	Lv	Ll	Mll	Mir	Term.	Real	Altura	Inclinação do troço	Equival.	Acumul.	Coef. Simultaneidade		Cálculo	Cálculo Alternativo	Material	Teórico	Adotado		Unitária	Dinâmica	Pressão Inicial	Total	Pressão Final	Acumul.	Verificação Pressão	Troço	Avaliação
																							Φ _{int}	Φ _{adotado}									
0	Hall	P	0	0.Hall.P - 0	40	40	40	18	18	18	18	21.19	1.00	0.5%	26.63	28.40	0.07	2.05	3.05	PEAD	62.35	75	61.40	0.018	0.49	600.00	10.30	589.70	10.30	Verifica	1.03	Conforme	
0	Hall	0	Cont.C	0.Hall.0 - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	1.20	1.20	0.5%	2.88	4.85	0.18	0.86	1.23	PEAD	39.60	50	40.80	0.026	0.08	589.70	11.85	577.85	22.15	Verifica	0.94	Conforme	
0	Hall	Cont.C	Cont.B	0.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	3.35	0.21	0.71	1.02	PEAD	36.01	40	32.60	0.055	0.02	577.85	0.02	577.83	22.17	Verifica	1.22	Conforme	
0	Hall	Cont.B	Cont.A	0.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	1.50	0.33	0.50	0.67	PEAD	29.29	40	32.60	0.027	0.01	577.83	0.01	577.83	22.17	Verifica	0.81	Conforme	
1	Hall	0	1	1.Hall.0 - 1	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.15	589.70	29.58	560.12	39.88	Verifica	1.21	Conforme	
1	Hall	1	Cont.E	1.Hall.1 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.09	560.12	11.86	548.26	51.74	Verifica	1.21	Conforme	
1	Hall	Cont.E	Cont.D	1.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	6.35	0.15	0.98	1.41	MC	42.44	50	40.80	0.034	0.01	548.26	0.01	548.25	51.75	Verifica	1.08	Conforme	
1	Hall	Cont.D	Cont.C	1.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	4.85	0.18	0.86	1.23	MC	39.60	50	40.80	0.026	0.01	548.25	0.01	548.24	51.76	Verifica	0.94	Conforme	
1	Hall	Cont.C	Cont.B	1.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	3.35	0.21	0.71	1.02	MC	36.01	40	32.60	0.055	0.02	548.24	0.02	548.22	51.78	Verifica	1.22	Conforme	
1	Hall	Cont.B	Cont.A	1.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	1.50	0.33	0.50	0.67	MC	29.29	40	32.60	0.027	0.01	548.22	0.01	548.22	51.78	Verifica	0.81	Conforme	
2	Hall	1	2	2.Hall.1 - 2	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.15	560.12	29.58	530.55	99.04	Verifica	1.21	Conforme	
2	Hall	2	Cont.E	2.Hall.2 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.09	530.55	11.86	518.68	110.91	Verifica	1.21	Conforme	
2	Hall	Cont.E	Cont.D	2.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	6.35	0.15	0.98	1.41	MC	42.44	50	40.80	0.034	0.01	518.68	0.01	518.67	110.92	Verifica	1.08	Conforme	
2	Hall	Cont.D	Cont.C	2.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	4.85	0.18	0.86	1.23	MC	39.60	50	40.80	0.026	0.01	518.67	0.01	518.66	110.92	Verifica	0.94	Conforme	
2	Hall	Cont.C	Cont.B	2.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	3.35	0.21	0.71	1.02	MC	36.01	40	32.60	0.055	0.02	518.66	0.02	518.65	110.94	Verifica	1.22	Conforme	
2	Hall	Cont.B	Cont.A	2.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	1.50	0.33	0.50	0.67	MC	29.29	40	32.60	0.027	0.01	518.65	0.01	518.64	110.95	Verifica	0.81	Conforme	
3	Hall	2	3	3.Hall.2 - 3	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.15	530.55	29.58	500.97	158.20	Verifica	1.21	Conforme	
3	Hall	3	Cont.E	3.Hall.3 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	7.85	0.14	1.09	1.58	MC	44.81	50	40.80	0.041	0.09	500.97	11.86	489.11	170.07	Verifica	1.21	Conforme	
3	Hall	Cont.E	Cont.D	3.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	6.35	0.15	0.98	1.41	MC	42.44	50	40.80	0.034	0.01	489.11	0.01	489.10	170.08	Verifica	1.08	Conforme	
3	Hall	Cont.D	Cont.C	3.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	4.85	0.18	0.86	1.23	MC	39.60	50	40.80	0.026	0.01	489.10	0.01	489.09	170.09	Verifica	0.94	Conforme	
3	Hall	Cont.C	Cont.B	3.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	3.35	0.21	0.71	1.02	MC	36.01	40	32.60	0.055	0.02	489.09	0.02	489.07	170.10	Verifica	1.22	Conforme	
3	Hall	Cont.B	Cont.A	3.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	1.50	0.33	0.50	0.67	MC	29.29	40	32.60	0.027	0.01	489.07	0.01	489.06	170.11	Verifica	0.81	Conforme	
3	D	Cont.D	1	3.D.Cont.D - 1	2	2	2	1	1	1	1	17.94	1.60	0.5%	23.45	1.50	0.33	0.50	0.67	MC	29.29	40	32.60	0.027	0.62	489.10	16.32	472.78	186.40	Verifica	0.81	Conforme	
3	D	1	2	3.D.1 - 2	1	1	1	1	1	1	1	1.77	-1.80	0.5%	4.28	0.80	0.58	0.46	0.49	MC	24.93	32	26.00	0.044	0.19	472.78	-17.47	490.24	168.93	Verifica	0.92	Conforme	
3	D	2	3	3.D.2 - 3				1	1	1	1	2.75	1.80	0.5%	5.46	0.80	0.58	0.46	0.49	MC	24.93	32	26.00	0.044	0.24	490.24	17.90	472.34	186.83	Verifica	0.92	Conforme	
3	D	3	Term.	3.D.3 - Term.						1	1	0.58	-1.00	0.5%	1.90	0.25	1.00	0.25	0.27	MC	18.49	25	20.40	0.049	0.09	472.34	-9.72	482.06	177.11	Verifica	0.82	Conforme	
3	D	3	4	3.D.3 - 4				1	1	1	1	0.59	0.00	0.5%	0.71	0.55	0.71	0.39	0.40	MC	22.64	25	20.40	0.100	0.07	472.34	0.07	472.27	186.90	Verifica	1.23	Conforme	
3	D	4	Ll	3.D.4 - Ll						1	1	0.58	-2.00	0.5%	3.10	0.20	1.00	0.20	0.24	MC	17.46	20	16.00	0.128	0.40	472.27	-19.22	491.50	167.68	Verifica	1.19	Conforme	
3	D	4	5	3.D.4 - 5						1	1	0.70	0.00	0.5%	0.84	0.35	1.00	0.35	0.32	MC	21.12	25	20.40	0.078	0.07	472.27	0.07	472.21	186.97	Verifica	1.07	Conforme	
3	D	5	Mll	3.D.5 - Mll						1	1	0.58	-2.20	0.5%	3.34	0.15	1.00	0.15	0.21	MC	16.22	20	16.00	0.099	0.33	472.21	-21.25	493.46	165.71	Verifica	1.03	Conforme	
3	D	5	6	3.D.5 - 6						1	1	1.20	0.00	0.5%	1.44	0.20	1.00	0.20	0.24	MC	17.46	20	16.00	0.128	0.18	472.21	0.18	472.02	187.15	Verifica	1.19	Conforme	
3	D	6	Mir	3.D.6 - Mir						1	1	0.58	-2.20	0.5%	3.34	0.20	1.00	0.20	0.24	MC	17.46	20	16.00	0.128	0.43	472.02	-21.16	493.18	165.99	Verifica	1.19	Conforme	
3	D	1	7	3.D.1 - 7	2	2	2					4.07	0.00	0.5%	4.88	0.70	0.45	0.31	0.46	MC	24.09	32	26.00	0.039	0.19	472.78	0.19	472.58	186.59	Verifica	0.86	Conforme	
3	D	7	8	3.D.7 - 8	1	1	1					0.65	-1.80	0.5%	2.94	0.35	0.71	0.25	0.32	MC	20.16	25	20.40	0.067	0.20	472.58	-17.46	490.05	169.13	Verifica	0.98	Conforme	
3	D	8	9	3.D.8 - 9	1	1	1					1.95	1.80	0.5%	4.50	0.35	0.71	0.25	0.32	MC	20.16	25	20.40	0.067	0.30	490.05	17.96	472.09	187.09	Verifica	0.98	Conforme	
3	D	9	Lv	3.D.9 - Lv			1					0.15	-2.00	0.5%	2.58	0.10	1.00	0.10	0.17	MC	14.61	20	16.00	0.068	0.18	472.09	-19.44	491.53	167.64	Verifica	0.83	Conforme	
3	D	9	10	3.D.9 - 10	1	1						0.83	0.00	0.5%	1.00	0.25	1.00	0.25	0.27	MC	18.49	25	20.40	0.049	0.05	472.09	0.05	472.04	187.13	Verifica	0.82	Conforme	
3	D	10	Br	3.D.10 - Br	1							0.15	-2.40	0.5%	3.06	0.10	1.00	0.10	0.17	MC	14.61	20	16.00	0.068	0.21	472.							

Anexo 2.1 – Norma Europeia

ÁGUA FRIA

Piso	Fração	Troços			Quantidade de dispositivos					Comprimento dos troços					Caudais			Tubo	Diâmetro		Perdas de Carga					Velocidade				
		Ponto Inicial	Ponto Final	Troço	Br	Chm	Lv	Ll	Mll	Mlr	Esq./Term.	Real	Altura	Inclinação do troço	Equival.	Acumul.	Cálculo		Material	Adotado		Unitária	Dinâmica	Pressão Inicial	Total	Pressão Final	Acumul.	Verificação Pressão	Troço	Avaliação
																				Φ _{adotado}	Φ _{int}									
0	Hall	P	0	0.Hall.P - 0	40	40	40	18	18	18	18	21.19	1.00	0.5%	26.63	322.00	322.00	PEAD	50	40.80	0.064	1.37	600.00	11.18	588.82	11.18	Verifica	1.57	Conforme	
0	Hall	0	Cont.C	0.Hall.0 - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	1.20	1.20	0.0%	2.88	55.00	55.00	PEAD	40	32.60	0.041	0.05	588.82	11.82	577.00	23.00	Verifica	1.03	Conforme	
0	Hall	Cont.C	Cont.B	0.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	38.00	38.00	PEAD	32	26.00	0.086	0.02	577.00	0.02	576.98	23.02	Verifica	1.35	Conforme	
0	Hall	Cont.B	Cont.A	0.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.0%	0.30	17.00	17.00	PEAD	25	20.40	0.146	0.04	576.98	0.04	576.94	23.06	Verifica	1.53	Conforme	
1	Hall	0	1	1.Hall.0 - 1	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.00	588.82	29.43	559.39	40.61	Verifica	1.30	Conforme	
1	Hall	1	Cont.E	1.Hall.1 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.04	559.39	11.82	547.58	52.42	Verifica	1.30	Conforme	
1	Hall	Cont.E	Cont.D	1.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	72.00	72.00	MC	40	32.60	0.051	0.01	547.58	0.01	547.57	52.43	Verifica	1.17	Conforme	
1	Hall	Cont.D	Cont.C	1.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	55.00	55.00	MC	40	32.60	0.041	0.01	547.57	0.01	547.56	52.44	Verifica	1.03	Conforme	
1	Hall	Cont.C	Cont.B	1.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	38.00	38.00	MC	32	26.00	0.086	0.02	547.56	0.02	547.53	52.47	Verifica	1.35	Conforme	
1	Hall	Cont.B	Cont.A	1.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	17.00	17.00	MC	25	20.40	0.146	0.04	547.53	0.04	547.50	52.50	Verifica	1.53	Conforme	
2	Hall	1	2	2.Hall.1 - 2	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.00	559.39	29.43	529.96	103.82	Verifica	1.30	Conforme	
2	Hall	2	Cont.E	2.Hall.2 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.04	529.96	11.82	518.15	115.64	Verifica	1.30	Conforme	
2	Hall	Cont.E	Cont.D	2.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	72.00	72.00	MC	40	32.60	0.051	0.01	518.15	0.01	518.14	115.65	Verifica	1.17	Conforme	
2	Hall	Cont.D	Cont.C	2.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	55.00	55.00	MC	40	32.60	0.041	0.01	518.14	0.01	518.13	115.66	Verifica	1.03	Conforme	
2	Hall	Cont.C	Cont.B	2.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	38.00	38.00	MC	32	26.00	0.086	0.02	518.13	0.02	518.10	115.68	Verifica	1.35	Conforme	
2	Hall	Cont.B	Cont.A	2.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	17.00	17.00	MC	25	20.40	0.146	0.04	518.10	0.04	518.07	115.72	Verifica	1.53	Conforme	
3	Hall	2	3	3.Hall.2 - 3	11	11	11	5	5	5	5	0.00	3.00	0.5%	3.60	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.00	529.96	29.43	500.53	167.04	Verifica	1.30	Conforme	
3	Hall	3	Cont.E	3.Hall.3 - Cont.E	11	11	11	5	5	5	5	0.70	1.20	0.5%	2.28	89.00	89.00	MC	40	32.60	0.062	0.04	500.53	11.82	488.72	178.85	Verifica	1.30	Conforme	
3	Hall	Cont.E	Cont.D	3.Hall.Cont.E - Cont.D	9	9	9	4	4	4	4	0.25	0.00	0.5%	0.30	72.00	72.00	MC	40	32.60	0.051	0.01	488.72	0.01	488.71	178.87	Verifica	1.17	Conforme	
3	Hall	Cont.D	Cont.C	3.Hall.Cont.D - Cont.C	7	7	7	3	3	3	3	0.25	0.00	0.5%	0.30	55.00	55.00	MC	40	32.60	0.041	0.01	488.71	0.01	488.70	178.88	Verifica	1.03	Conforme	
3	Hall	Cont.C	Cont.B	3.Hall.Cont.C - Cont.B	5	5	5	2	2	2	2	0.25	0.00	0.5%	0.30	38.00	38.00	MC	32	26.00	0.086	0.02	488.70	0.02	488.67	178.90	Verifica	1.35	Conforme	
3	Hall	Cont.B	Cont.A	3.Hall.Cont.B - Cont.A	2	2	2	1	1	1	1	0.25	0.00	0.5%	0.30	17.00	17.00	MC	25	20.40	0.146	0.04	488.67	0.04	488.64	178.94	Verifica	1.53	Conforme	
3	D	Cont.D	1	3.D.Cont.D - 1	2	2	2	1	1	1	1	17.94	1.60	0.5%	23.45	17.00	17.00	MC	25	20.40	0.146	2.62	488.71	18.32	470.39	197.19	Verifica	1.53	Conforme	
3	D	1	2	3.D.1 - 2				1	1	1	1	1.77	-1.80	0.5%	4.28	9.00	9.00	MC	20	16.00	0.404	0.71	470.39	-16.94	487.33	180.24	Verifica	2.30	Conforme	
3	D	2	3	3.D.2 - 3				1	1	1	1	2.75	1.80	0.5%	5.46	9.00	9.00	MC	20	16.00	0.404	1.11	487.33	18.77	468.56	199.01	Verifica	2.30	Conforme	
3	D	3	Term.	3.D.3 - Term.								0.58	-1.00	0.5%	1.90	3.00	3.00	MC	16	12.00	0.541	0.31	468.56	-9.50	478.06	189.52	Verifica	2.21	Conforme	
3	D	3	4	3.D.3 - 4				1	1	1	1	0.59	0.00	0.5%	0.71	6.00	6.00	MC	20	16.00	0.299	0.18	468.56	0.18	468.38	199.19	Verifica	1.93	Conforme	
3	D	4	Ll	3.D.4 - Ll				1				0.58	-2.00	0.5%	3.10	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.366	0.21	468.38	-19.41	487.79	179.78	Verifica	1.77	Conforme	
3	D	4	5	3.D.4 - 5					1	1	1	0.70	0.00	0.5%	0.84	4.00	4.00	MC	16	12.00	0.828	0.58	468.38	0.58	467.80	199.77	Verifica	2.82	Conforme	
3	D	5	Mll	3.D.5 - Mll					1			0.58	-2.20	0.5%	3.34	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.221	0.13	467.80	-21.45	489.26	178.31	Verifica	1.33	Conforme	
3	D	5	6	3.D.5 - 6						1	1	1.20	0.00	0.5%	1.44	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.366	0.44	467.80	0.44	467.36	200.21	Verifica	1.77	Conforme	
3	D	6	Mlr	3.D.6 - Mlr						1	1	0.58	-2.20	0.5%	3.34	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.366	0.21	467.36	-21.37	488.73	178.84	Verifica	1.77	Conforme	
3	D	1	7	3.D.1 - 7	2	2	2					4.07	0.00	0.5%	4.88	8.00	8.00	MC	20	16.00	0.204	0.83	470.39	0.83	469.55	198.02	Verifica	1.56	Conforme	
3	D	7	8	3.D.7 - 8	1	1	1					0.65	-1.80	0.5%	2.94	4.00	4.00	MC	16	12.00	0.531	0.35	469.55	-17.31	486.87	180.71	Verifica	2.19	Conforme	
3	D	8	9	3.D.8 - 9	1	1	1					1.95	1.80	0.5%	4.50	4.00	4.00	MC	16	12.00	0.531	1.04	486.87	18.69	468.17	199.40	Verifica	2.19	Conforme	
3	D	9	Lv	3.D.9 - Lv								0.15	-2.00	0.5%	2.58	1.00	1.00	MC	16	12.00	0.109	0.02	468.17	-19.60	487.78	179.80	Verifica	0.88	Conforme	
3	D	9	10	3.D.9 - 10	1	1						0.83	0.00	0.5%	1.00	3.00	3.00	MC	16	12.00	0.541	0.45	468.17	0.45	467.72	199.85	Verifica	2.21	Conforme	
3	D	10	Br	3.D.10 - Br	1							0.15	-2.40	0.5%	3.06	1.00	1.00	MC	16	12.00	0.109	0.02	467.72	-23.53	491.25	176.32	Verifica	0.88	Conforme	
3	D	10	11	3.D.10 - 11		1						1.12	0.00	0.5%	1.34	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.221	0.25	467.72	0.25	467.47	200.10	Verifica	1.33	Conforme	
3	D	11	Chm	3.D.11 - Chm								0.15	-2.30	0.5%	2.94	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.221	0.03	467.47	-22.53	490.00	177.57	Verifica	1.33	Conforme	
3	D	7	12	3.D.7 - 12	1	1	1					12.24	-1.80	0.5%	16.85	4.00	4.00	MC	16	12.00	0.531	6.50	469.55	-11.15	480.71	186.87	Verifica	2.19	Conforme	
3	D	12	13	3.D.12 - 13	1	1	1					0.18	1.80	0.5%	2.38	4.00	4.00	MC	16	12.00	0.531	0.10	480.71	17.75	462.95	204.62	Verifica	2.19	Conforme	
3	D	13	15	3.D.13 - 15	1							0.52	0.00	0.5%	0.62	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.366	0.19	462.95	0.19	462.76	204.81	Verifica	1.77	Conforme	
3	D	15	Lv	3.D.15 - Lv								0.53	-2.00	0.5%	3.04	1.00	1.00	MC	16	12.00	0.109	0.06	462.76	-19.56	482.33	185.25	Verifica	0.88	Conforme	
3	D	15	16	3.D.15 - 16	1							2.06	0.00	0.5%	2.47	1.00	1.00	MC	16	12.00	0.109	0.22	462.76	0.22	462.54	205.03	Verifica	0.88	Conforme	
3	D	16	Br	3.D.16 - Br	1							0.15	-2.40	0.5%	3.06	1.00	1.00	MC	16	12.00	0.109	0.02	462.54	-23.53	486.07	181.51	Verifica	0.88	Conforme	
3	D	13	14	3.D.13 - 14								1.85	0.00	0.5%	2.22	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.221	0.41	462.95	0.41	462.54	205.03	Verifica	1.33	Conforme	
3	D	14	Chm	3.D.14 - Chm								0.10	-2.00	0.5%	2.52	2.00	2.00	MC	16	12.00	0.221	0.02	462.54	-19.60	482.14	185.43	Verifica	1.33	Conforme	

Anexo 2.2 – Norma Portuguesa

RAMAIS DE DESCARGA

Piso	Fração/Zona	Troços			Dispositivo	Caudais					Comprimento dos troços			Diâmetro		Velocidade (m/s)	Verificação Diâmetro		
		Ponto Inicial	Ponto Final	Troço		Q Descarga (l/min)	Q Acuml. (l/min)	Coef. Simult.	Q Cálculo (l/min)	Q Cálculo (l/min)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Ks	Tipo Esc.			Diâmetro Int. (mm)	Diâmetro Adotado (mm)
3	D	Mlr	CP1	3.D.Mlr - CP1	Mlr	60.00	60.00	1.00	60.00	65.76	1.61	3.0%	1.66	125	MS	47.51	63	0.41	VERIFICA
3	D	Mll	CP1	3.D.Mll - CP1	Mll	60.00	60.00	1.00	60.00	65.76	0.55	3.0%	0.57	125	MS	47.51	63	0.41	VERIFICA
3	D	Lv	CP1	3.D.Lv - CP1	Lv	30.00	30.00	1.00	30.00	45.38	0.19	3.0%	0.20	125	MS	36.63	50	0.33	VERIFICA
3	D	CP1	TQ1	3.D.CP1 - TQ1	-	-	150.00	0.71	106.07	107.38	1.80	1.0%	1.82	125	MS	72.28	90	0.36	VERIFICA
3	D	Lv	TQ2	3.D.Lv - TQ2	Lv	30.00	30.00	1.00	30.00	45.38	1.51	3.0%	1.56	125	MS	36.63	50	0.33	VERIFICA
3	D	Br	TQ2	3.D.Br - TQ2	Br	90.00	90.00	1.00	90.00	81.69	1.06	1.0%	1.07	125	MS	67.96	90	0.30	VERIFICA
3	D	Chm	TQ2	3.D.Chm - TQ2	Chm	30.00	30.00	1.00	30.00	45.38	1.59	3.0%	1.64	125	MS	36.63	50	0.33	VERIFICA
3	D	Chm	TQ3	3.D.Chm - TQ3	Chm	30.00	30.00	1.00	30.00	45.38	0.51	3.0%	0.53	125	MS	36.63	50	0.33	VERIFICA
3	D	Br	TQ3	3.D.Br - TQ3	Br	90.00	90.00	1.00	90.00	81.69	1.71	1.0%	1.73	125	MS	67.96	90	0.30	VERIFICA
3	D	Lv	TQ3	3.D.Lv - TQ3	Lv	30.00	30.00	1.00	30.00	45.38	1.51	3.0%	1.56	125	MS	36.63	50	0.33	VERIFICA

TUBOS DE QUEDA

Piso	Fração/Zona	Tubo de Queda		Caudal (l/min)			Diâmetro necessários					φAdoptado (mm)
		Tubo de Queda	ID	Q Acumulado (l/min)	Coef. Simult.	Q Cálculo (l/min)	φ=50	50<φ<75	75<φ<100	100<φ<125	φ>125	
							1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	
3	A	TQ1	3.A.TQ1	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	A	TQ2	3.A.TQ2	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	A	TQ3	3.A.TQ3	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	B	TQ1	3.B.TQ1	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	B	TQ2	3.B.TQ2	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	B	TQ3	3.B.TQ3	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	B	TQ4	3.B.TQ4	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	C	TQ1	3.C.TQ1	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	C	TQ2	3.C.TQ2	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	C	TQ3	3.C.TQ3	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	D	TQ1	3.D.TQ1	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	D	TQ2	3.D.TQ2	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	D	TQ3	3.D.TQ3	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	E	TQ1	3.E.TQ1	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	E	TQ2	3.E.TQ2	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
3	E	TQ3	3.E.TQ3	150.00	0.71	106.07	50.81	60.44	69.49	77.90	85.76	90
2	A	TQ1	2.A.TQ1	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	A	TQ2	2.A.TQ2	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	A	TQ3	2.A.TQ3	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	B	TQ1	2.B.TQ1	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	B	TQ2	2.B.TQ2	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	B	TQ3	2.B.TQ3	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	B	TQ4	2.B.TQ4	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	C	TQ1	2.C.TQ1	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	C	TQ2	2.C.TQ2	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	C	TQ3	2.C.TQ3	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	D	TQ1	2.D.TQ1	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	D	TQ2	2.D.TQ2	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	D	TQ3	2.D.TQ3	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	E	TQ1	2.E.TQ1	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	E	TQ2	2.E.TQ2	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
2	E	TQ3	2.E.TQ3	300.00	0.45	134.16	55.50	66.01	75.89	85.07	93.66	90
1	A	TQ1	1.A.TQ1	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	A	TQ2	1.A.TQ2	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	A	TQ3	1.A.TQ3	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	B	TQ1	1.B.TQ1	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	B	TQ2	1.B.TQ2	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	B	TQ3	1.B.TQ3	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	B	TQ4	1.B.TQ4	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	C	TQ1	1.C.TQ1	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	C	TQ2	1.C.TQ2	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	C	TQ3	1.C.TQ3	450.00	0.35	159.10	59.16	70.37	80.90	90.69	99.84	110
1	E	TQ1	1.E.TQ1	2400.00	0.14	329.67	77.75	92.48	106.32	119.18	131.20	140

COLETORES PREDIAIS

Piso	Fração/Zona	Troços			Q Acuml. (l/min)	Coef. Simult.	Q Cálculo (l/min)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Ks	Tipo Esc.	Diâmetro Int. (mm)	Diâmetro Adotado (mm)	Velocidade (m/s)	Verificação Diâmetro
		Ponto Inicial	Ponto Final	Coletor												
1	D	1	2	1.D.1 - 2	30.00	1.00	30.00	0.56	1%	0.57	125	MS	45.01	110	0.07	VERIFICA
1	D	2	3	1.D.2 - 3	120.00	1.00	120.00	0.54	1%	0.55	125	MS	75.70	110	0.27	VERIFICA
1	D	TQ3	3	1.D.TQ3 - 3	300.00	0.45	134.16	0.50	1%	0.51	125	MS	78.94	110	0.30	VERIFICA
1	D	3	4	1.D.3 - 4	420.00	0.38	158.75	0.50	1%	0.51	125	MS	84.08	110	0.36	VERIFICA
1	D	4	5	1.D.4 - 5	450.00	0.35	159.10	7.56	1%	7.64	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
1	D	5	6	1.D.5 - 6	480.00	0.33	160.00	1.02	1%	1.03	125	MS	84.33	110	0.36	VERIFICA
1	D	TQ2	6	1.D.TQ2 - 6	300.00	0.45	134.16	0.50	1%	0.51	125	MS	78.94	110	0.30	VERIFICA
1	D	6	7	1.D.6 - 7	780.00	0.26	201.40	0.45	1%	0.45	125	MS	91.93	110	0.46	VERIFICA
1	D	7	8	1.D.7 - 8	870.00	0.25	217.50	0.47	1%	0.47	125	MS	94.62	110	0.49	VERIFICA
1	D	8	10	1.D.8 - 10	900.00	0.24	218.28	5.08	1%	5.13	125	MS	94.75	110	0.49	VERIFICA
1	D	TQ1	9	1.D.TQ1 - 9	300.00	0.45	134.16	2.35	1%	2.37	125	MS	78.94	110	0.30	VERIFICA
1	D	9	10	1.D.9 - 10	450.00	0.35	159.10	0.50	1%	0.51	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
1	D	10	1	1.D.10 - 1	1350.00	0.20	264.76	1.96	1%	1.98	125	MS	101.86	125	0.46	VERIFICA
1	E	1	2	1.E.1 - 2	30.00	1.00	30.00	1.07	1%	1.08	125	MS	45.01	110	0.07	VERIFICA
1	E	TQ3	2	1.E.TQ3 - 2	300.00	0.45	134.16	0.53	1%	0.54	125	MS	78.94	110	0.30	VERIFICA
1	E	2	3	1.E.2 - 3	330.00	0.41	134.72	0.61	1%	0.62	125	MS	79.06	110	0.31	VERIFICA
1	E	3	4	1.E.3 - 4	420.00	0.38	158.75	0.52	1%	0.53	125	MS	84.08	110	0.36	VERIFICA
1	E	4	5	1.E.4 - 5	450.00	0.35	159.10	1.21	1%	1.22	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
1	E	5	6	1.E.5 - 6	480.00	0.33	160.00	1.02	1%	1.03	125	MS	84.33	110	0.36	VERIFICA
1	E	TQ2	6	1.E.TQ2 - 6	300.00	0.45	134.16	0.53	1%	0.54	125	MS	78.94	110	0.30	VERIFICA
1	E	6	7	1.E.6 - 7	780.00	0.26	201.40	0.61	1%	0.62	125	MS	91.93	110	0.46	VERIFICA
1	E	7	8	1.E.7 - 8	870.00	0.25	217.50	0.31	1%	0.31	125	MS	94.62	110	0.49	VERIFICA
1	E	8	1	1.E.8 - 1	900.00	0.24	218.28	9.11	1%	9.20	125	MS	94.75	110	0.49	VERIFICA
1	E	CP1	2	1.E.CP1 - 2	150.00	0.71	106.07	2.54	1%	2.57	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
1	Hall	1	2	1.Hall.1 - 2	2250.00	0.15	339.20	1.66	1%	1.68	125	MS	111.78	140	0.47	VERIFICA
1	Hall	2	E.TQ1	1.Hall.2 - E.TQ1	2400.00	0.15	350.08	1.34	1%	1.35	125	MS	113.11	140	0.49	VERIFICA
0	A	CP1	1	0.A.CP1 - 1	60.00	1.00	60.00	0.82	1%	0.83	125	MS	58.38	110	0.14	VERIFICA
0	A	1	2	0.A.1 - 2	150.00	0.71	106.07	1.03	1%	1.04	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	A	TQ1	2	0.A.TQ1 - 2	450.00	0.35	159.10	0.33	1%	0.33	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	A	2	3	0.A.2 - 3	600.00	0.30	180.91	0.33	1%	0.33	125	MS	88.30	110	0.41	VERIFICA
0	A	3	4	0.A.3 - 4	630.00	0.29	181.87	1.02	1%	1.03	125	MS	88.48	110	0.41	VERIFICA
0	A	TQ2	4	0.A.TQ2 - 4	450.00	0.35	159.10	0.38	1%	0.38	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	A	4	5	0.A.4 - 5	1080.00	0.22	235.68	0.53	1%	0.54	125	MS	97.51	125	0.41	VERIFICA
0	A	5	6	0.A.5 - 6	1170.00	0.21	249.44	0.98	1%	0.99	125	MS	99.61	125	0.44	VERIFICA
0	A	6	7	0.A.6 - 7	1200.00	0.21	250.22	4.32	1%	4.36	125	MS	99.72	125	0.44	VERIFICA
0	A	TQ3	7	0.A.TQ3 - 7	450.00	0.35	159.10	3.25	1%	3.28	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	A	7	8	0.A.7 - 8	1650.00	0.18	291.68	0.58	1%	0.59	125	MS	105.63	125	0.51	VERIFICA
0	A	CP2	8	0.A.CP2 - 8	150.00	0.71	106.07	3.13	1%	3.16	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	A	8	1	0.A.8 - 1	1800.00	0.17	304.26	5.04	1%	5.09	125	MS	107.31	125	0.53	VERIFICA
0	B	CP1	1	0.B.CP1 - 1	60.00	1.00	60.00	1.04	1%	1.05	125	MS	58.38	110	0.14	VERIFICA
0	B	1	2	0.B.1 - 2	150.00	0.71	106.07	1.84	1%	1.86	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	B	TQ1	2	0.B.TQ1 - 2	450.00	0.35	159.10	1.75	1%	1.77	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	B	2	3	0.B.2 - 3	600.00	0.30	180.91	0.48	1%	0.48	125	MS	88.30	110	0.41	VERIFICA
0	B	3	4	0.B.3 - 4	630.00	0.29	181.87	0.99	1%	1.00	125	MS	88.48	110	0.41	VERIFICA
0	B	TQ2	4	0.B.TQ2 - 4	450.00	0.35	159.10	0.54	1%	0.55	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	B	4	5	0.B.4 - 5	1080.00	0.22	235.68	0.47	1%	0.47	125	MS	97.51	125	0.41	VERIFICA
0	B	5	6	0.B.5 - 6	1170.00	0.21	249.44	0.46	1%	0.46	125	MS	99.61	125	0.44	VERIFICA
0	B	6	7	0.B.6 - 7	1200.00	0.21	250.22	4.36	1%	4.40	125	MS	99.72	125	0.44	VERIFICA
0	B	7	8	0.B.7 - 8	1230.00	0.20	251.07	0.84	1%	0.85	125	MS	99.85	125	0.44	VERIFICA
0	B	TQ3	8	0.B.TQ3 - 8	450.00	0.35	159.10	0.54	1%	0.55	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	B	8	9	0.B.8 - 9	1680.00	0.17	292.45	0.57	1%	0.58	125	MS	105.73	125	0.51	VERIFICA
0	B	9	10	0.B.9 - 10	1770.00	0.17	303.55	0.96	1%	0.97	125	MS	107.22	125	0.53	VERIFICA
0	B	10	11	0.B.10 - 11	1800.00	0.17	304.26	6.98	1%	7.05	125	MS	107.31	125	0.53	VERIFICA
0	B	CP2	11	0.B.CP2 - 11	150.00	0.71	106.07	2.07	1%	2.09	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	B	TQ4	11	0.B.TQ4 - 11	450.00	0.35	159.10	2.18	1%	2.20	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	B	11	1	0.B.11 - 1	2400.00	0.15	350.08	2.06	1%	2.08	125	MS	113.11	140	0.49	VERIFICA
0	C	1	2	0.C.1 - 2	120.00	1.00	120.00	1.02	1%	1.03	125	MS	75.70	110	0.27	VERIFICA
0	C	2	3	0.C.2 - 3	150.00	0.71	106.07	0.76	1%	0.77	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	C	TQ2	3	0.C.TQ2 - 3	450.00	0.35	159.10	0.11	1%	0.11	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	C	3	7	0.C.3 - 7	600.00	0.30	180.91	3.78	1%	3.82	125	MS	88.30	110	0.41	VERIFICA
0	C	4	5	0.C.4 - 5	120.00	1.00	120.00	0.51	1%	0.52	125	MS	75.70	110	0.27	VERIFICA
0	C	TQ1	5	0.C.TQ1 - 5	450.00	0.35	159.10	1.01	1%	1.02	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	C	5	6	0.C.5 - 6	570.00	0.32	180.25	0.51	1%	0.52	125	MS	88.18	110	0.41	VERIFICA
0	C	6	7	0.C.6 - 7	600.00	0.30	180.91	2.67	1%	2.70	125	MS	88.30	110	0.41	VERIFICA
0	C	CP1	8	0.C.CP1 - 8	150.00	0.71	106.07	2.98	1%	3.01	125	MS	72.28	110	0.24	VERIFICA
0	C	7	8	0.C.7 - 8	1200.00	0.21	250.22	5.49	1%	5.54	125	MS	99.72	125	0.44	VERIFICA
0	C	8	9	0.C.8 - 9	1350.00	0.20	264.76	1.26	1%	1.27	125	MS	101.86	125	0.46	VERIFICA
0	C	TQ3	9	0.C.TQ3 - 9	450.00	0.35	159.10	2.37	1%	2.39	125	MS	84.15	110	0.36	VERIFICA
0	C	9	2	0.C.9 - 2	1800.00	0.17	304.26	2.30	1%	2.32	125	MS	107.31	125	0.53	VERIFICA
0	Hall	1	2	0.Hall.1 - 2	4200.00	0.11	461.01	6.82	1%	6.89	125	MS	125.41	160	0.49	VERIFICA
0	Hall	2	CR1	0.Hall.2 - CR1	6000.00	0.09	550.02	6.55	1%	6.62	125	MS	133.99	160	0.59	VERIFICA
0	Hall	TQ1	CR1	0.Hall.TQ1 - CR1	2400.00	0.14	329.67	1.83	1%	1.85	125	MS	110.59	140	0.46	VERIFICA
0	Hall	CR1	Coletor Público	0.Hall.CR1 - Coletor Público	8400.00	0.08	638.64	10.55	1%	10.66	125	MS	141.71	180	0.54	VERIFICA

Anexo 2.2 – Norma Europeia

RAMAIS DE DESCARGA

Piso	Fração/Zona	Troços			Dispositivo	Caudais	Comprimento dos troços			Diâmetro		Verificação Comprimento Máximo do Tubo
		Ponto Inicial	Ponto Final	Troço			Q Cálculo (l/min)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Tipo Sistema	
3	D	Mlr	CP1	3.D.Mlr - CP1	Mlr	0.39	1.61	3.0%	1.66	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	Mll	CP1	3.D.Mll - CP1	Mll	0.39	0.55	3.0%	0.57	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	Lv	CP1	3.D.Lv - CP1	Lv	0.27	0.19	3.0%	0.20	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	CP1	TQ1	3.D.CP1 - TQ1	-	0.61	1.80	1.5%	1.83	Sistema 2	50.00	VERIFICA
3	D	Lv	TQ2	3.D.Lv - TQ2	Lv	0.27	1.51	3.0%	1.56	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	Br	TQ2	3.D.Br - TQ2	Br	0.67	1.06	1.5%	1.08	Sistema 2	50.00	VERIFICA
3	D	Chm	TQ2	3.D.Chm - TQ2	Chm	0.35	1.59	3.0%	1.64	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	Chm	TQ3	3.D.Chm - TQ3	Chm	0.35	0.51	3.0%	0.53	Sistema 2	30.00	VERIFICA
3	D	Br	TQ3	3.D.Br - TQ3	Br	0.67	1.71	1.5%	1.74	Sistema 2	50.00	VERIFICA
3	D	Lv	TQ3	3.D.Lv - TQ3	Lv	0.27	1.51	3.0%	1.56	Sistema 2	30.00	VERIFICA

TUBOS DE QUEDA

Piso	Fração/Zona	Tubo de Queda			Q Cálculo (l/s)	ØAdoptado (mm)
		Tubo de Queda	ID			
3	A	TQ1	3.A.TQ1	1.12	70	
3	A	TQ2	3.A.TQ2	1.30	70	
3	A	TQ3	3.A.TQ3	1.16	70	
3	B	TQ1	3.B.TQ1	1.12	70	
3	B	TQ2	3.B.TQ2	1.30	70	
3	B	TQ3	3.B.TQ3	1.30	70	
3	B	TQ4	3.B.TQ4	1.16	70	
3	C	TQ1	3.C.TQ1	1.30	70	
3	C	TQ2	3.C.TQ2	1.30	70	
3	C	TQ3	3.C.TQ3	0.61	70	
3	D	TQ1	3.D.TQ1	0.61	70	
3	D	TQ2	3.D.TQ2	1.30	70	
3	D	TQ3	3.D.TQ3	1.30	70	
3	E	TQ1	3.E.TQ1	0.67	70	
3	E	TQ2	3.E.TQ2	1.30	70	
3	E	TQ3	3.E.TQ3	1.30	70	
2	A	TQ1	2.A.TQ1	2.24	90	
2	A	TQ2	2.A.TQ2	2.60	90	
2	A	TQ3	2.A.TQ3	2.32	90	
2	B	TQ1	2.B.TQ1	2.24	90	
2	B	TQ2	2.B.TQ2	2.60	90	
2	B	TQ3	2.B.TQ3	2.60	90	
2	B	TQ4	2.B.TQ4	2.32	90	
2	C	TQ1	2.C.TQ1	2.60	90	
2	C	TQ2	2.C.TQ2	2.60	90	
2	C	TQ3	2.C.TQ3	1.22	70	
2	D	TQ1	2.D.TQ1	1.22	70	
2	D	TQ2	2.D.TQ2	2.60	90	
2	D	TQ3	2.D.TQ3	2.60	90	
2	E	TQ1	2.E.TQ1	1.34	70	
2	E	TQ2	2.E.TQ2	2.60	90	
2	E	TQ3	2.E.TQ3	2.60	90	
1	A	TQ1	1.A.TQ1	3.35	100	
1	A	TQ2	1.A.TQ2	3.89	100	
1	A	TQ3	1.A.TQ3	3.49	100	
1	B	TQ1	1.B.TQ1	3.35	100	
1	B	TQ2	1.B.TQ2	3.89	100	
1	B	TQ3	1.B.TQ3	3.89	100	
1	B	TQ4	1.B.TQ4	3.49	100	
1	C	TQ1	1.C.TQ1	3.89	100	
1	C	TQ2	1.C.TQ2	3.89	100	
1	C	TQ3	1.C.TQ3	1.84	80	
1	E	TQ1	1.E.TQ1	20.22	200	

COLETORES PREDIAIS

Piso	Fração/Zona	Troços			Q Cálculo (l/s)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Sistema	Diâmetro Adotado (mm)
		Ponto Inicial	Ponto Final	Coletor						
1	D	1	2	1.D.1 - 2	0.27	0.56	1.0%	0.57	Sistema 2	100
1	D	2	3	1.D.2 - 3	0.94	0.54	1.0%	0.55	Sistema 2	100
1	D	TQ3	3	1.D.TQ3 - 3	2.60	0.50	1.0%	0.51	Sistema 2	125
1	D	3	4	1.D.3 - 4	3.54	0.50	1.0%	0.51	Sistema 2	125
1	D	4	5	1.D.4 - 5	3.89	7.56	1.0%	7.64	Sistema 2	125
1	D	5	6	1.D.5 - 6	4.25	1.02	1.0%	1.03	Sistema 2	150
1	D	TQ2	6	1.D.TQ2 - 6	2.60	0.50	1.0%	0.51	Sistema 2	125
1	D	6	7	1.D.6 - 7	6.84	0.45	1.0%	0.45	Sistema 2	150
1	D	7	8	1.D.7 - 8	7.52	0.47	1.0%	0.47	Sistema 2	150
1	D	8	10	1.D.8 - 10	7.79	5.08	1.0%	5.13	Sistema 2	200
1	D	TQ1	9	1.D.TQ1 - 9	2.60	2.35	1.0%	2.37	Sistema 2	125
1	D	9	10	1.D.9 - 10	3.21	0.50	1.0%	0.51	Sistema 2	125
1	D	10	1	1.D.10 - 1	11.00	1.96	1.0%	1.98	Sistema 2	200
1	E	1	2	1.E.1 - 2	0.35	1.07	1.0%	1.08	Sistema 2	100
1	E	TQ3	2	1.E.TQ3 - 2	2.60	0.53	1.0%	0.54	Sistema 2	125
1	E	2	3	1.E.2 - 3	2.95	0.61	1.0%	0.62	Sistema 2	125
1	E	3	4	1.E.3 - 4	3.62	0.52	1.0%	0.53	Sistema 2	125
1	E	4	5	1.E.4 - 5	3.89	1.21	1.0%	1.22	Sistema 2	125
1	E	5	6	1.E.5 - 6	4.25	1.02	1.0%	1.03	Sistema 2	150
1	E	TQ2	6	1.E.TQ2 - 6	6.84	0.53	1.0%	0.54	Sistema 2	150
1	E	6	7	1.E.6 - 7	7.52	0.61	1.0%	0.62	Sistema 2	150
1	E	7	8	1.E.7 - 8	7.79	0.31	1.0%	0.31	Sistema 2	200
1	E	8	1	1.E.8 - 1	8.06	9.11	1.0%	9.20	Sistema 2	200
1	E	CP1	2	1.E.CP1 - 2	1.16	2.54	1.0%	2.57	Sistema 2	100
1	Hall	1	2	1.Hall.1 - 2	19.06	1.66	1.0%	1.68	Sistema 2	225
1	Hall	2	E.TQ1	1.Hall.2 - E.TQ1	20.22	1.34	1.0%	1.35	Sistema 2	225
0	A	CP1	1	0.A.CP1 - 1	0.63	0.82	1.0%	0.83	Sistema 2	100
0	A	1	2	0.A.1 - 2	1.30	1.03	1.0%	1.04	Sistema 2	100
0	A	TQ1	2	0.A.TQ1 - 2	4.65	0.33	1.0%	0.33	Sistema 2	150
0	A	2	3	0.A.2 - 3	5.95	0.33	1.0%	0.33	Sistema 2	150
0	A	3	4	0.A.3 - 4	6.30	1.02	1.0%	1.03	Sistema 2	150
0	A	TQ2	4	0.A.TQ2 - 4	10.20	0.38	1.0%	0.38	Sistema 2	200
0	A	4	5	0.A.4 - 5	16.50	0.53	1.0%	0.54	Sistema 2	225
0	A	5	6	0.A.5 - 6	17.17	0.98	1.0%	0.99	Sistema 2	225
0	A	6	7	0.A.6 - 7	17.45	4.32	1.0%	4.36	Sistema 2	225
0	A	TQ3	7	0.A.TQ3 - 7	3.49	3.25	1.0%	3.28	Sistema 2	125
0	A	7	8	0.A.7 - 8	20.93	0.58	1.0%	0.59	Sistema 2	225
0	A	CP2	8	0.A.CP2 - 8	1.16	3.13	1.0%	3.16	Sistema 2	100
0	A	8	1	0.A.8 - 1	22.10	5.04	1.0%	5.09	Sistema 2	225
0	B	CP1	1	0.B.CP1 - 1	0.63	1.04	1.0%	1.05	Sistema 2	100
0	B	1	2	0.B.1 - 2	1.30	1.84	1.0%	1.86	Sistema 2	100
0	B	TQ1	2	0.B.TQ1 - 2	3.35	1.75	1.0%	1.77	Sistema 2	125
0	B	2	3	0.B.2 - 3	4.65	0.48	1.0%	0.48	Sistema 2	150
0	B	3	4	0.B.3 - 4	5.01	0.99	1.0%	1.00	Sistema 2	150
0	B	TQ2	4	0.B.TQ2 - 4	3.89	0.54	1.0%	0.55	Sistema 2	125
0	B	4	5	0.B.4 - 5	8.90	0.47	1.0%	0.47	Sistema 2	200
0	B	5	6	0.B.5 - 6	9.57	0.46	1.0%	0.46	Sistema 2	200
0	B	6	7	0.B.6 - 7	9.85	4.36	1.0%	4.40	Sistema 2	200
0	B	7	8	0.B.7 - 8	10.20	0.84	1.0%	0.85	Sistema 2	200
0	B	TQ3	8	0.B.TQ3 - 8	3.89	0.54	1.0%	0.55	Sistema 2	125
0	B	8	9	0.B.8 - 9	14.09	0.57	1.0%	0.58	Sistema 2	200
0	B	9	10	0.B.9 - 10	14.76	0.96	1.0%	0.97	Sistema 2	225
0	B	10	11	0.B.10 - 11	15.04	6.98	1.0%	7.05	Sistema 2	225
0	B	CP2	11	0.B.CP2 - 11	1.16	2.07	1.0%	2.09	Sistema 2	100
0	B	TQ4	11	0.B.TQ4 - 11	3.49	2.18	1.0%	2.20	Sistema 2	125
0	B	11	1	0.B.11 - 1	19.69	2.06	1.0%	2.08	Sistema 2	225
0	C	1	2	0.C.1 - 2	1.02	1.02	1.0%	1.03	Sistema 2	100
0	C	2	3	0.C.2 - 3	1.30	0.76	1.0%	0.77	Sistema 2	100
0	C	TQ2	3	0.C.TQ2 - 3	3.89	0.11	1.0%	0.11	Sistema 2	125
0	C	3	7	0.C.3 - 7	5.19	3.78	1.0%	3.82	Sistema 2	150
0	C	4	5	0.C.4 - 5	1.02	0.51	1.0%	0.52	Sistema 2	100
0	C	TQ1	5	0.C.TQ1 - 5	3.89	1.01	1.0%	1.02	Sistema 2	125
0	C	5	6	0.C.5 - 6	4.92	0.51	1.0%	0.52	Sistema 2	150
0	C	6	7	0.C.6 - 7	5.19	2.67	1.0%	2.70	Sistema 2	150
0	C	CP1	8	0.C.CP1 - 8	1.05	2.98	1.0%	3.01	Sistema 2	100
0	C	7	8	0.C.7 - 8	10.39	5.49	1.0%	5.54	Sistema 2	200
0	C	8	9	0.C.8 - 9	11.43	1.26	1.0%	1.27	Sistema 2	200
0	C	TQ3	9	0.C.TQ3 - 9	1.84	2.37	1.0%	2.39	Sistema 2	100
0	C	9	2	0.C.9 - 2	13.27	2.30	1.0%	2.32	Sistema 2	200
0	Hall	1	2	0.Hall.1 - 2	41.78	6.82	2.5%	6.99	Sistema 2	250
0	Hall	2	CR1	0.Hall.2 - CR1	55.05	6.55	2.5%	6.71	Sistema 2	300
0	Hall	TQ1	CR1	0.Hall.TQ1 - CR1	20.22	1.83	1.0%	1.85	Sistema 2	225
0	Hall	CR1	Coletor Público	0.Hall.CR1 - Coletor Público	75.28	10.55	2.5%	10.81	Sistema 2	300

Anexo 2.3 – Norma Portuguesa vs Europeia

CALEIRAS

Intens. Precip. (l/min*m2)	Coef. de Esc. (adim.)	Áreas		Caleiras											Verificação Secção	
		Nº	Área (m2)	Caudal de Cálculo		Const. de Rug. (m ^{1/2} .s ⁻¹)	Caudal de Manning (l/min)	Nº	Largura (mm)	Altura (mm)	Secção	Área da Secção (mm2)	Perímetro Molhado (mm)	Raio Hidráulico (mm)		Inclinação (m/m)
				(l/min)	(l/s)											
2.00	1.00	A1	20.94	41.93	0.698803	125	104.17	C1	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A2	20.94	41.93	0.698803	125	104.17	C2	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A3	83.62	167.43	2.79054	125	307.14	C3	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A4	87.25	174.70	2.911679	125	307.14	C4	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A5	107.08	214.41	3.57344	125	307.14	C5	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A6	113.48	227.22	3.787019	125	307.14	C6	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A7	11.46	22.95	0.382439	125	104.17	C7	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A8	11.46	22.95	0.382439	125	104.17	C8	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A9	10.96	21.95	0.365754	125	104.17	C9	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A10	10.96	21.95	0.365754	125	104.17	C10	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A11	61.36	122.86	2.047687	125	307.14	C11	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A12	85.84	171.88	2.864625	125	307.14	C12	150	75	150x75	7875.00	375.00	21.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A13	49.74	99.59	1.659908	125	104.17	C13	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA
2.00	1.00	A14	49.74	99.59	1.659908	125	104.17	C14	100	50	100x50	3500.00	250.00	14.00	1%	VERIFICA

Intens. Precip. (mm/h)	Coef. de Esc. (adim.)	Áreas		Caudal de Cálculo (l/min)	Caleira								Verificação Secção
		Nº	Área (m2)		Nº	Altura (mm)	Largura (mm)	Secção	Área da Secção (mm2)	W/T	Fd	Capacidade nominal (l/s)	
2.00	1.00	A1	20.94	41.93	C1	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A2	20.94	41.93	C2	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A3	83.62	167.43	C3	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA
2.00	1.00	A4	87.25	174.70	C4	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA
2.00	1.00	A5	107.08	214.41	C5	200	100	200x100	14000.00	2.00	1.20	381.57	VERIFICA
2.00	1.00	A6	113.48	227.22	C6	200	100	200x100	14000.00	2.00	1.20	381.57	VERIFICA
2.00	1.00	A7	11.46	22.95	C7	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A8	11.46	22.95	C8	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A9	10.96	21.95	C9	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A10	10.96	21.95	C10	100	50	100x50	3500.00	2.00	1.20	67.45	VERIFICA
2.00	1.00	A11	61.36	122.86	C11	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA
2.00	1.00	A12	85.84	171.88	C12	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA
2.00	1.00	A13	49.74	99.59	C13	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA
2.00	1.00	A14	49.74	99.59	C14	150	75	150x75	7875.00	2.00	1.20	185.88	VERIFICA

TUBOS DE QUEDA

Tubo de Queda						
Nº	Caudal a drenar		f adim	Diâmetro Interior (D) mm	Caudal de Cálculo	
	l/s	l/min			l/s	l/min
TQ1	2.3587	141.5226	0.33	60	2.74	164.56
TQ2	3.4893	209.3606	0.33	70	4.14	248.24
TQ3	6.4851	389.1072	0.33	85	6.94	416.64
TQ4	4.1695	250.1675	0.33	75	4.97	298.39
TQ5	0.7482	44.8916	0.33	50	1.69	101.19
TQ6	2.4134	144.8064	0.33	60	2.74	164.56
TQ7	4.5245	271.4720	0.33	75	4.97	298.39

Tubo de Queda						
Nº	Caudal a drenar		Carga no tubo de queda (H) mm	Diâmetro Interior (D) mm	Caudal de Cálculo	
	l/s	l/min			l/s	l/min
TQ1	2.3587	141.52	35	50	2.633	157.98
TQ2	3.4893	209.36	35	75	3.949	236.94
TQ3	6.4851	389.11	35	125	6.581	394.86
TQ4	4.1695	250.17	35	90	4.739	284.32
TQ5	0.7482	44.89	35	50	2.633	157.98
TQ6	2.4134	144.81	35	50	2.633	157.98
TQ7	4.5245	271.47	35	90	4.739	284.32

COLETORES

Piso	Coletor	Troços			Q Cálculo (l/min)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Ks	Tipo Esc.	Diâmetro Int. (mm)	Diâmetro Adotado (mm)	Velocidade (m/s)	Verificação Diâmetro
		Ponto Inicial	Ponto Final	Coletor										
0	1	CxV1	CxV2	0.1.CxV1 - CxV2	389.11	29.84	2%	30.44	125	SC	79.69	125	0.17	VERIFICA
0	2	CxV2	CxV3	0.2.CxV2 - CxV3	598.47	13.94	2%	14.22	125	SC	93.65	125	0.26	VERIFICA
0	3	CxV3	CxV4	0.3.CxV3 - CxV4	739.99	14.44	2%	14.73	125	SC	101.41	125	0.32	VERIFICA
0	4	CxV5	CxV4	0.4.CxV5 - CxV4	250.17	21.79	2%	22.23	125	SC	67.52	110	0.14	VERIFICA
0	5	CxV6	CxV5	0.5.CxV6 - CxV5	439.87	15.00	2%	15.30	125	SC	83.43	110	0.25	VERIFICA

Piso	Coletor	Troços			Q Cálculo (l/min)	Comprimento horizontal (m)	Inclinação	Comprimento real (m)	Caudal (l/s)	Caudal (l/min)	Diâmetro Adotado (mm)	Verificação Diâmetro
		Ponto Inicial	Ponto Final	Coletor								
0	1	CxV1	CxV2	0.1.CxV1 - CxV2	389.11	29.84	2%	30.44	9.60	576.00	125	VERIFICA
0	2	CxV2	CxV3	0.2.CxV2 - CxV3	598.47	13.94	2%	14.22	18.20	1092.00	150	VERIFICA
0	3	CxV3	CxV4	0.3.CxV3 - CxV4	739.99	14.44	2%	14.73	18.20	1092.00	150	VERIFICA
0	4	CxV5	CxV4	0.4.CxV5 - CxV4	250.17	21.79	2%	22.23	5.90	354.00	100	VERIFICA
0	5	CxV6	CxV5	0.5.CxV6 - CxV5	439.87	15.00	2%	15.30	9.60	576.00	125	VERIFICA