



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

**Requalificação de uma Parte da Rede de Drenagem
Unitária na Cidade de Lisboa**

**Fundamentação e Caracterização da Elaboração do Projeto
Base**

PEDRO MIGUEL MARTINS MOREIRA MONTEIRO DE MORAIS

**Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil na Área de Especialização de Hidráulica**

Júri:

Presidente: Doutor Paulo Jorge Henriques Mendes

Arguente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Orientador: Doutora Maria Helena Teixeira Cardoso Gamboa

Dezembro de 2019

Agradecimentos

A todos que, de qualquer modo contribuíram ou incentivaram a que concluísse mais esta etapa.



Resumo

O presente Trabalho Final de Mestrado teve como objetivo o estudo da requalificação de uma parte da rede de drenagem unitária da cidade de Lisboa. Foram escolhidos alguns arruamentos que cumpriam duas condições, terem uma rede de drenagem unitária, e que o sistema de órgãos de escoamentos pluviais apresentasse uma localização adequada embora as dimensões pudessem ser melhoradas para aumentar a capacidade de captação das águas pluviais.

Após a análise da rede existente, desenvolveu-se então, a fundamentação e caracterização de uma nova rede de drenagem pluvial, que permitisse separar estes caudais dos caudais residuais, que pela sua natureza apresentam características bioquímicas muito diferentes, com outras exigências no seu transporte e tratamento. A fase de projeto escolhida para este Trabalho Final de Mestrado foi a de fundamentação e caracterização do Projeto Base, definindo os elementos do Programa Base necessários, que não apresentando uma análise demasiado exaustiva, permite apresentar os dados para uma decisão fundamentada e responsável.

A abordagem científica utilizada permitiu calcular os caudais afluentes com um adequado estudo hidrológico, dimensionar os coletores por diversos métodos, verificar a resistência estrutural destes e dimensionar os sumidouros, fugindo, no entanto, dos métodos simplificados frequentemente utilizados pelos projetistas, que, por serem demasiado sistematizados, são suscetíveis de criar e propagar erros, com um custo financeiro elevado.

Palavras chave:

Drenagem Pluvial; Rede Unitária; Rede Separativa; Requalificação, Projeto Base.

Abstract

The purpose of this study was to define the partial renewal of the combined sewerage system in the city of Lisbon. The area of this study was chosen in order to fulfil two conditions, the existence of a combined sewerage system and an adequate localization of collection drains although with possible upgrade of their dimensions to an increased efficiency on stormwater collection.

After the analysis of the existing combined sewerage system, a new stormwater collection and transport system was designed, based on scientific design criterions. The new system will separate stormwater surface run-off from the sewerage flows, since they have distinct biochemical characteristics and, conversely different collection and treatment requirements.

This study details the design phases needed for the further Preliminary Design definition of the new stormwater system, providing data and fundamental considerations on the solution to be adopted. It provides information for the forthcoming design phases towards the clear final definition of the project.

The scientific approach allowed the calculation of stormwater flows based on several adequate hydrological studies, the definition of storm pipes and storm drains dimensions and the verification of pipes structural resistance. Emphasis should be addressed in the fact that methods often used by designers were avoided, since they usually adopt simple systematic approaches, which often leads to significant errors, with high financial costs.

Keywords:

Stormwater drainage; Combined Sewerage; Separate Sewerage; Infrastructure Renewal, Preliminary Design.

**Requalificação de uma Parte da Rede de Drenagem
Unitária na Cidade de Lisboa**

**Fundamentação e Caracterização da Elaboração do Projeto
Base**

Índice Geral

1	Introdução	1
1.1	Considerações gerais.....	1
1.2	Sistema de drenagem existente.....	2
1.3	Sistema de drenagem proposto	4
1.4	Características de ocupação de solos na área em estudo.....	6
1.5	Bacias e sub-bacias de contribuição dos coletores.....	6
1.6	Impacte ambiental do sistema existente	8
2	Legislação	11
2.1	Dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial	11
2.2	Portaria n.º701-H/2008 – Definição de conteúdos de um Projeto Base	11
3	Traçado de rede de drenagem pluvial proposta	13
4	Caracterização hidrológica	19
4.1	Definição do período de retorno.....	19
4.2	Determinação do tempo de concentração.....	20
4.2.1	Fórmula de Kirpich.....	21
4.2.2	Método do Soil Conservation Service.....	21
4.2.3	Comparação dos valores dos tempos de concentração obtidos.....	23
5	Determinação dos caudais de ponta.....	29
5.1	Cálculos preliminares	29
5.2	Método racional.....	30
5.3	Método racional generalizado	37
5.4	Método de Martino	38
5.5	Método do Soil Conservation Service	40
5.6	Comparação de caudais	57
6	Dimensionamento de coletores.....	61
6.1	Cálculo hidráulico	61
6.1.1	Método de cálculo.....	61
6.1.2	Definição dos diâmetros dos coletores a adotar e verificação das velocidades.....	71
6.2	Verificação da resistência estrutural dos coletores	77
6.2.1	Determinação das cargas estáticas devidas ao peso do terreno	77
6.2.2	Cargas provocadas por veículos à superfície do terreno.....	80

6.2.3	Determinação da capacidade de resistência ao esmagamento dos coletores	84
6.2.4	Cálculos	86
7	Sumidouros	115
7.1	Localização de sumidouros	115
7.2	Dimensionamento de sumidouros	115
7.2.1	Método de cálculo	117
7.2.2	Características geométricas de sumidouros e arruamentos	121
7.2.3	Verificação de eficiência hídrica	126
7.2.4	Alteração de dimensionamento de sumidouros	140
7.2.5	Características de sumidouros a adotar	147
8	Conclusões	151
9	Referências bibliográficas	153
	ANEXO – Peças Desenhadas	155
	Índice de Peças Desenhadas	159

Índice de Tabelas

Tabela 1– Comprimentos de coletores e notas adicionais	15
Tabela 2 - Valores do período de retorno.....	20
Tabela 3 - Número de escoamento da bacia hidrográfica	22
Tabela 4 - Comparação dos tempos de concentração obtidos	24
Tabela 5 – Parâmetros de curvas IDF.....	30
Tabela 6 – Valores do coeficiente de escoamento para zonas específicas	31
Tabela 7 - Cálculo de Caudais pelo Método Racional.....	33
Tabela 8 - Coeficiente de armazenamento Φ	39
Tabela 9 - Comparação entre bacias em estudo e dados da Tabela 8	39
Tabela 10 – Dados de Base para Cálculo de Caudais pelo Método do Soil Conservation Service	42
Tabela 11 – Processo iterativo para determinação de t_0 (1 ^a , 2 ^a e 3 ^a iteração)	45
Tabela 12 – Processo iterativo para determinação de t_0 (4 ^a e 5 ^a iteração).....	49
Tabela 13 – Caudais de ponta e caudais acumulados (método do SCS)	53
Tabela 14 – Comparação de caudais obtidos pelos diversos métodos.....	57
Tabela 15 - Grandezas geométricas dimensionais para secções circulares em função de h/D	65
Tabela 16 – Diâmetros para cada troço	65
Tabela 17 - Relação entre o caudal, velocidade e altura de escoamento entre a secção cheia e secção parcialmente cheia numa tubagem circular.....	68
Tabela 18 – Verificação da velocidade de escoamento e da relação h/D em cada um dos troços dos coletores	69
Tabela 19 – Diâmetros corrigidos para cada troço.....	72
Tabela 20 – Verificação corrigida da velocidade de escoamento em cada troço	74
Tabela 21 - Valores de C_d	79
Tabela 22- Fatores de impacto para veículos pesados.....	83
Tabela 23 – Determinação das cargas devidas ao peso do terreno no extradorso das tubagens da rede pluvial	87
Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície	91
Tabela 25 - Carga total exercida sobre cada troço de coletor.....	96
Tabela 26 - Cargas de rotura para tubagens em betão simples e armado	99

Tabela 27 – Capacidade resistente das tubagens (RL) de cada material em função dos diâmetros de cada troço	100
Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais selecionados	105
Tabela 29 - Resumo de características de coletores	110
Tabela 30 - Características geométricas de sumidouros e arruamentos	122
Tabela 31 - Verificação de altura e largura de escoamento	127
Tabela 32 - Verificação de velocidade de escoamento e de comprimento útil	131
Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica.....	135
Tabela 34 - Alteração de comprimento de sumidouro	140
Tabela 35 - Características de escoamento em rebaixe	143
Tabela 36 - Altura de rebaixe	144
Tabela 37 - Geometria dos sumidouros	147

Índice de Figuras

Figura 1 - Área em estudo.....	3
Figura 2 - Troço de Estrada de Benfica (a vermelho).....	4
Figura 3 - Planta de arruamentos.....	5
Figura 4 - Bacias de contribuição pluvial para cada arruamento.....	7
Figura 5 - Planta da rede de drenagem pluvial.....	14
Figura 6 – Determinação dos coeficientes de escoamento.....	32
Figura 7 – Esquema de escoamento em secção circular.....	63
Figura 8 – Forças que influenciam a carga sobre o coletor.....	78
Figura 9 – Planta do veículo-tipo e cruzamento de veículos para efeitos do cálculo de cargas	80
Figura 10 - Degradação e sobreposição das cargas exercidas pelas rodas dos veículos.....	81
Figura 11 - Cargas críticas e áreas de distribuição	82
Figura 12 - Tipos de assentamento.....	85
Figura 13 – Planta de localização de sumidouros.....	116
Figura 14 – Esquema de sumidouro	118
Figura 15 - Rebaixo de sumidouro	143
Figura 16 - Cadastro de rede de drenagem existente.....	157

Simbologia:

A – secção do escoamento

A_b - área da bacia

A_{LL} – área ao nível do extradorso do coletor, onde se considera uniformemente distribuída a carga crítica

B_C – diâmetro exterior do coletor

B_d – largura da vala ao nível do extradorso da tubagem

C – coeficiente de escoamento

C_d – coeficiente de carga

CN – número de escoamento da bacia hidrográfica

D – diâmetro da tubagem

d – distância entre o lancil e a primeira abertura da grade

g – aceleração da gravidade

I – intensidade de precipitação

I_a – perdas iniciais

I_f – fator de impacto

i_{mb} – declive médio da bacia hidrográfica

I_u – intensidade de precipitação útil

J – perda de carga unitária

K – fator de ponta da bacia hidrográfica

K_a – fator de assentamento

K_s – coeficiente de segurança (resistência estrutural de tubagens)

K_s – coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler

L – comprimento de A_{LL} paralelo ao eixo longitudinal do coletor

L – comprimento do sumidouro

L' – comprimento do escoamento crítico

L_b – comprimento da bacia

L_E – comprimento efetivo do apoio do coletor

m – constante, função do número de barras de grade de sumidouro

n – vida útil da obra

P – precipitação total

P – carga crítica à superfície

Q – caudal

Q_D – caudal em secção cheia

R – raio hidráulico

R_L – carga de rotura à compressão diametral

S_L – menor dos valores entre B_C e o comprimento de A_{LL} perpendicular ao eixo longitudinal do coletor

S_{mr} – capacidade máxima de retenção de água do solo após o início do escoamento

t – tempo de precipitação

t_c – tempo de concentração

t_i – tempo de atraso

T_R – período de retorno

V – volume correspondente à totalidade do hidrograma unitário

V_1 – volume correspondente à parte ascendente do hidrograma unitário

W_C – carga exercida pelo terreno

W_L – carga produzida pelos veículos que circulam à superfície

W_T – carga total exercida no coletor

y' – altura de escoamento crítico

y_0 – altura de escoamento

γ – coeficiente de regolfo

γ_s – peso volúmico do solo

θ - ângulo entre o lancil e o corte transversal da via

ϕ - coeficiente de redução global de escoamento

ϕ – coeficiente de armazenamento

Ψ – coeficiente de escoamento

ω_L – pressão média sobre o coletor

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

Este TFM refere-se à requalificação de uma parte da rede de drenagem unitária da cidade de Lisboa. Propõe-se a afetação da rede unitária existente apenas à drenagem de águas residuais, cujo cadastro existente é apenas o seu traçado em planta, pelo que não foi possível verificar as suas condições de funcionamento. Como se trata de uma rede unitária, pode concluir-se que as suas dimensões e forma são suficientes para funcionarem, no futuro, apenas para drenagem de águas residuais domésticas. Desenvolveu-se, neste trabalho, a fundamentação e caracterização de uma nova rede de drenagem pluvial. A fase de projeto escolhida para este TFM foi a de definição do Projeto Base.

A drenagem pluvial é um dos elementos essenciais no conjunto das infraestruturas urbanas contribuindo para a comodidade e segurança do espaço público e privado, e por vezes é alvo de um cálculo demasiado simplista, com aplicações de fórmulas empíricas desajustadas ou simplesmente a ignorar elementos fundamentais numa rede de drenagem de águas pluviais.

Outro fator considerado relevante para elaborar este estudo é a pertinência de uma análise, ainda que simplificada do paradigma da drenagem na cidade de Lisboa. Atualmente a rede de drenagem é quase na sua totalidade unitária. Segundo Leboeuf et al. (2015), desde 2008 que tem havido algumas intervenções em Lisboa para separar as águas pluviais das águas residuais, encaminhando estas últimas para tratamento. Apesar disso, estas intervenções são ainda insuficientes para corrigir uma situação que se alarga a quase a totalidade da cidade. No caso específico da área em estudo, a água pluvial captada e misturada com os caudais residuais domésticos é direcionada para o Caneiro de Alcântara.

1.2 Sistema de drenagem existente

A rede de drenagem na cidade de Lisboa está dividida em cinco sistemas de drenagem bem definidos: três grandes bacias hidrográficas (Alcântara, Beirolos e Chelas), Bacias Adjacentes e Zona Ribeirinha. (Leboeuf et al., 2015).

Para a área de intervenção do Projeto Base (Figura 1 (Imagem do Google Maps 2019)) é apenas relevante a bacia de Alcântara, e neste sistema na denominada como “Zona Alta”. Os caudais provenientes da parte norte da cidade e de parte do concelho da Amadora, a denominada “Zona Alta”, afluem à ETAR de Alcântara a partir do Caneiro de Alcântara, que corresponde a uma antiga ribeira posteriormente canalizada, responsável pelo transporte não só das águas residuais aí afluentes, mas também de uma componente significativa de caudais pluviais. (Leboeuf et al., 2015)

Os caudais afluentes das sub-bacias localizadas no município da Amadora têm origem maioritária em redes separativas (Leboeuf et al., 2015). No entanto estes caudais são misturados com caudais com origem em redes unitárias no município de Lisboa. A grande flutuabilidade no valor dos caudais escoados no Caneiro de Alcântara e encaminhados para a ETAR de Alcântara provoca, em caso de precipitação excecionalmente elevada, a descarga destes caudais em excesso diretamente no rio, sem qualquer tratamento, ao mesmo tempo que os métodos de tratamento existentes nesta ETAR são prejudicados pelo excesso de diluição dos elementos poluentes.



Figura 1 - Área em estudo

A rede de drenagem na área em estudo é exclusivamente em sistema unitário como se pode verificar na Figura 16 (DIVPS-CML) apresentada em Anexo. Em diversos arruamentos existe mais do que um coletor. Esta duplicação de sistemas é justificada pelo aumento de caudais pluviais resultante da expansão da malha urbana, e consequente aumento de área impermeabilizada.

1.3 Sistema de drenagem proposto

A separação dos caudais residuais e pluviais é possível com a implementação de uma rede de coletores que transporte os caudais pluviais, deixando a rede existente exclusivamente para os caudais domésticos.

Esta alteração prevista para o troço da Estrada de Benfica entre a interseção com a Rua Maria Lalande e com a Av. Grão Vasco (assinalada na Figura 2 (Ortofotomapa CML 2015)) obriga a proceder à verificação de todas as áreas que contribuem para o caudal transportado no coletor localizado neste troço e projetar novos coletores de drenagem pluvial para estas áreas. Só é possível garantir que os caudais escoados são unicamente de origem pluvial se forem implantados coletores pluviais independentes da rede pré-existente em toda a bacia de contribuição dos coletores do novo coletor pluvial da Estrada de Benfica.



Figura 2 - Troço de Estrada de Benfica (a vermelho)

Pela análise topográfica da área envolvente determina-se que os arruamentos onde serão propostas redes de drenagem pluvial são a Rua Augusto Costa (Costinha) (1), Rua Aura Abranches (2), Rua Lucília Simões (3), Rua Maria Lalande (4), Rua Amélia Rey Colaço (5), Calçada do Tojal (6), Rua Rogério Amaral (7), Rua Jorge Barradas (8) e a própria Estrada de Benfica (11), como se apresenta na planta de arruamentos da Figura 3 (Ortofotomapa CML). Esta será a área de estudo do Projeto Base.

Este caudal ao ser encaminhado para o Caneiro de Alcântara é transportado pelo coletor proposto na Avenida Grão Vasco (10 e 12), recebendo também os caudais recolhidos nesta avenida e na Rua Emília das Neves (9).

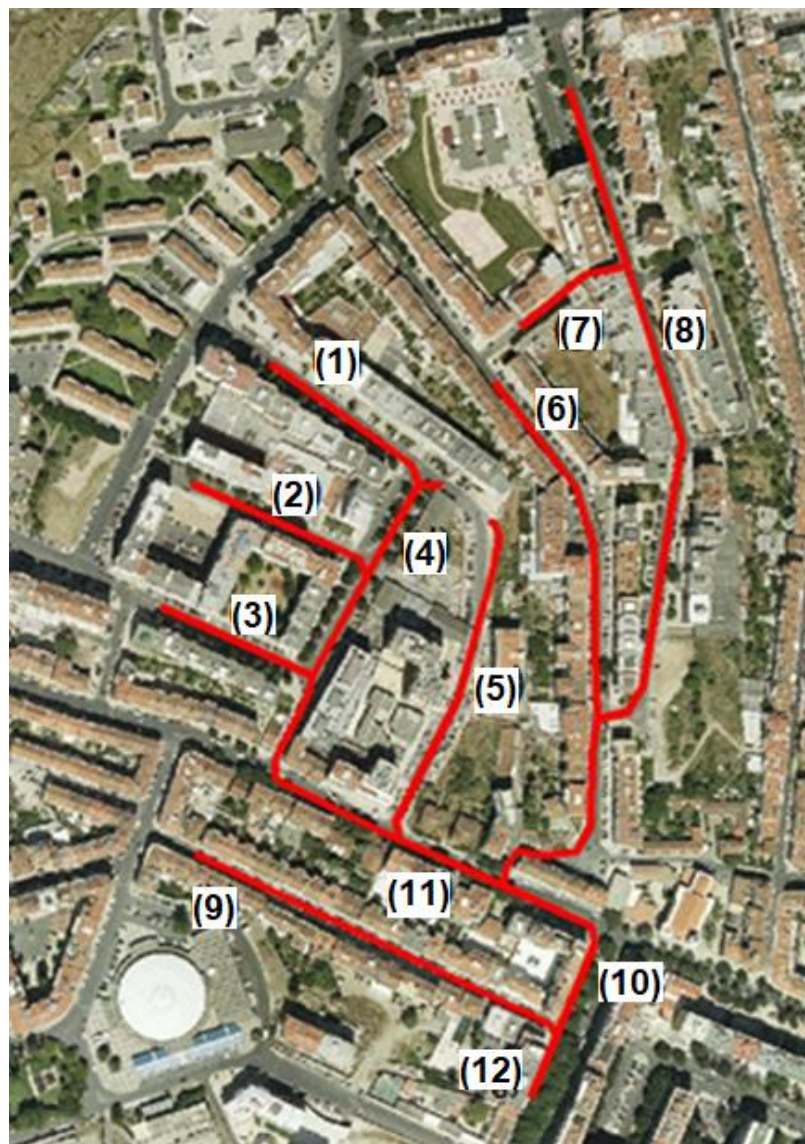


Figura 3 - Planta de arruamentos

Nestes arruamentos, que atualmente têm uma rede de drenagem unitária, propõe-se a construção de uma rede de drenagem pluvial, deixando a rede existente unicamente para o escoamento de águas residuais domésticas.

No caminho seguido na análise e desenvolvimento das secções seguintes, definindo o projeto, pressupõem-se os seguintes princípios:

- a participação do dono da obra, devidamente assessorado por técnicos conhecedores;
- a colaboração entre todos os intervenientes na fase de projeto;
- a melhoria contínua, entre fases do projeto, das soluções a aplicar;
- a correta definição, descrição e justificação (por cálculos) das soluções propostas;
- de uma forma geral, as considerações tendentes ao cumprimento das normas de segurança e de gestão ambiental aplicadas.

1.4 Características de ocupação de solos na área em estudo

Esta área da Freguesia de Benfica em estudo tem características urbanas, com uma elevada percentagem de impermeabilização. Para além da ocupação com pavimentos pedonais, pavimentos rodoviários e edifícios, a única exceção são os pontuais canteiros e caldeiras de árvores. Devido à existência de calçada de vidraço usada como revestimento de percursos pedonais tradicional na cidade de Lisboa, esta área apresenta alguma permeabilidade.

1.5 Bacias e sub-bacias de contribuição dos coletores

Os coletores dos vários arruamentos têm associados bacias de contribuição pluvial, representadas na Figura 4 (Ortofotomapa CML 2015), uma vez que as precipitações sobre estas áreas têm influência direta para a rede de drenagem pluvial prevista.

Apesar do referido no ponto 1.4, na caracterização das bacias e sub-bacias de contribuição dos coletores em estudo foi considerado a total impermeabilização do

solo. O espaço público é frequentemente alterado, uma eventual eliminação de espaços verdes ou a substituição de pavimentos pedonais por pavimentos contínuos iria provocar caudais superiores aos considerados inicialmente. Esta diferença poderia fazer com que as características geométricas de coletores ou de órgãos de entrada fossem subdimensionadas.

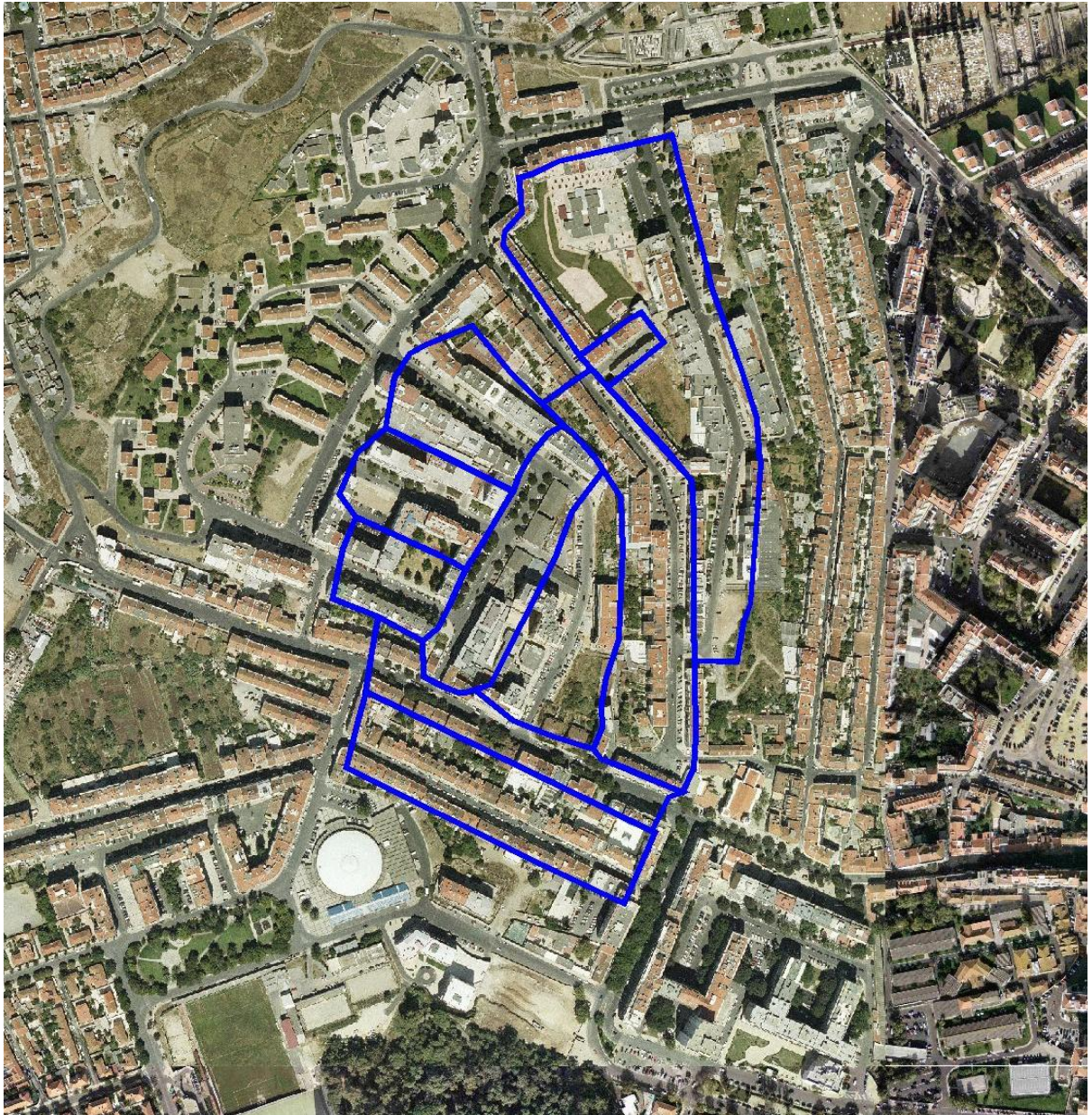


Figura 4 - Bacias de contribuição pluvial para cada arruamento

1.6 Impacte ambiental do sistema existente

O sistema de drenagem existente, por ser unitário, transporta não só as águas pluviais, mas também as águas residuais domésticas. Este sistema tem como única virtude a dispensabilidade da duplicação de sistemas de drenagem. No entanto o impacte ambiental de uma rede unitária é muito superior ao sistema separativo proposto.

Atualmente as águas residuais são encaminhadas para o Caneiro de Alcântara que transporta os caudais pluviais e residuais do sistema de Alcântara para a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Alcântara.

Esta solução tem um funcionamento eficiente na ausência de precipitação. De acordo com a informação disponibilizada em fevereiro de 2019 pela Águas do Tejo Atlântico, os caudais residuais são de 883 l/s, enquanto que, com tempo chuvoso, com uma intensidade máxima de 36 mm/h, este caudal aumenta para 76584 l/s. Com este aumento significativo de caudal, as águas que afluem à ETAR de Alcântara são parcialmente libertadas no meio ambiente (DIVPS - CML, 2019; Monte et al., 2016) com duas consequências diretas:

- Os caudais residuais afluentes à ETAR em tempo chuvoso estão demasiado diluídos nas águas pluviais com prejuízo para eficiência dos métodos de tratamento;
- Os resíduos e poluentes no meio recetor que normalmente seriam removidos na ETAR, são libertados no meio recetor quando for necessário proceder à descarga de parte do afluente pelo coletor de recurso da estação, por exceder a capacidade de tratamento da mesma;
- Durante o verão, quando não há precipitação significativa, os coletores transportam apenas águas residuais, verificando-se a existência de odores na via pública devido à ligação dos sumidouros ao coletor, e ao desaparecimento do fecho hídrico por evaporação ou infiltração nos solos. A nova rede pluvial, com desativação das ligações dos sumidouros à atual rede unitária, anula este problema. A nova rede pluvial ligará a jusante, na caixa P12.3, ao Caneiro por não existir uma linha de água próxima onde possa descarregar. No futuro,

outras intervenções semelhantes na rede unitária a jusante poderão libertar a ETAR de receber caudais pluviais, na totalidade ou em parte.

2 Legislação

2.1 Dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial

Foram considerados os critérios regulamentares estipulados no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPPDADAR) - Decreto Regulamentar n.º23/95 (Ministério das Obras Públicas, 1995) para o dimensionamento hidráulico da rede de drenagem pluvial.

2.2 Portaria n.º701-H/2008 – Definição de conteúdos de um Projeto Base

Para determinação dos elementos necessários para a elaboração do Projeto Base, apresentam-se os elementos do Programa Base necessários à sua definição, considerado o previsto na Portaria 701-H, nomeadamente os seguintes conteúdos:

- “Definição dos critérios gerais de dimensionamento das diferentes partes constitutivas da obra;
- Peças escritas e desenhadas e outros elementos informativos necessários para o perfeito esclarecimento do Programa base, no todo ou em qualquer das suas partes, incluindo as que porventura se justifiquem para definir as alternativas de solução propostas pelo Projetista e avaliar a sua viabilidade, em função das condições de espaço, técnicas, de custos e de prazos;
- Estimativa geral do custo da obra, tomando em conta os encargos mais significativos com a sua realização e análise comparativa dos custos de manutenção e consumos da obra nas soluções propostas;
- Descrição sumária das opções relacionadas com o comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra.”

Neste mesmo diploma, no Artigo 140.º refere também a necessidade de considerar os elementos especiais, tais como:

- Critérios adotados para a avaliação dos caudais de águas pluviais.
- Caracterização das infra -estruturas existentes de drenagem.
- Enunciado dos critérios gerais de projeto e indicação sucinta de eventuais condicionamentos locais susceptíveis de influenciar a escolha da solução a adoptar.

3 Traçado de rede de drenagem pluvial proposta

Com base no referido anteriormente e no representado na planta de arruamentos (Figura 3), procedeu-se à elaboração da planta representada na Figura 5.

Tal como referido anteriormente, estes coletores não pretendem substituir a rede unitária existente, mas sim funcionar em paralelo, permitindo assim a separação de caudais. Nos coletores unitários existentes, proceder-se-á à eliminação dos sumidouros e suas ligações a esses coletores, o que permitirá evitar a ocorrência de odores emanados dos órgãos de captação devido ao mau funcionamento (ou inexistência) de fecho hídrico.

A rede de drenagem proposta é composta por coletores, ramais, caixas de visita (ou câmaras de visita) e sumidouros.

Os coletores propostos foram implantados no eixo da via. A localização das câmaras de visita respeitou o previsto no Artigo 155.º do RGSPDADAR - Decreto Regulamentar n.º 23/95 (Ministério das Obras Públicas, 1995). Assim foram consideradas câmaras de visita na confluência de coletores e nos pontos de mudança de direção, de inclinação e de diâmetro dos coletores. Nos alinhamentos retos foram implantadas câmaras de visita com afastamento máximo de 60 m e 100 m, conforme se trate, respetivamente, de coletores não visitáveis ou visitáveis.

Paralelamente a esta imposição foram previstas câmaras de visita para ligação dos ramais de ligação aos sumidouros. Esta localização adicional, mesmo não sendo uma obrigação técnica ou legal, pois os sumidouros podem estar ligados diretamente aos coletores, é sempre desejável de modo a garantir um ponto de acesso facilitado para executar trabalhos de manutenção e limpeza.

As câmaras de visita não correntes ou de grandes dimensões, deverão ser dimensionadas e pormenorizadas atendendo às variáveis particulares a considerar, nomeadamente aos diâmetros dos coletores, a sua profundidade e os condicionamentos da envolvente.

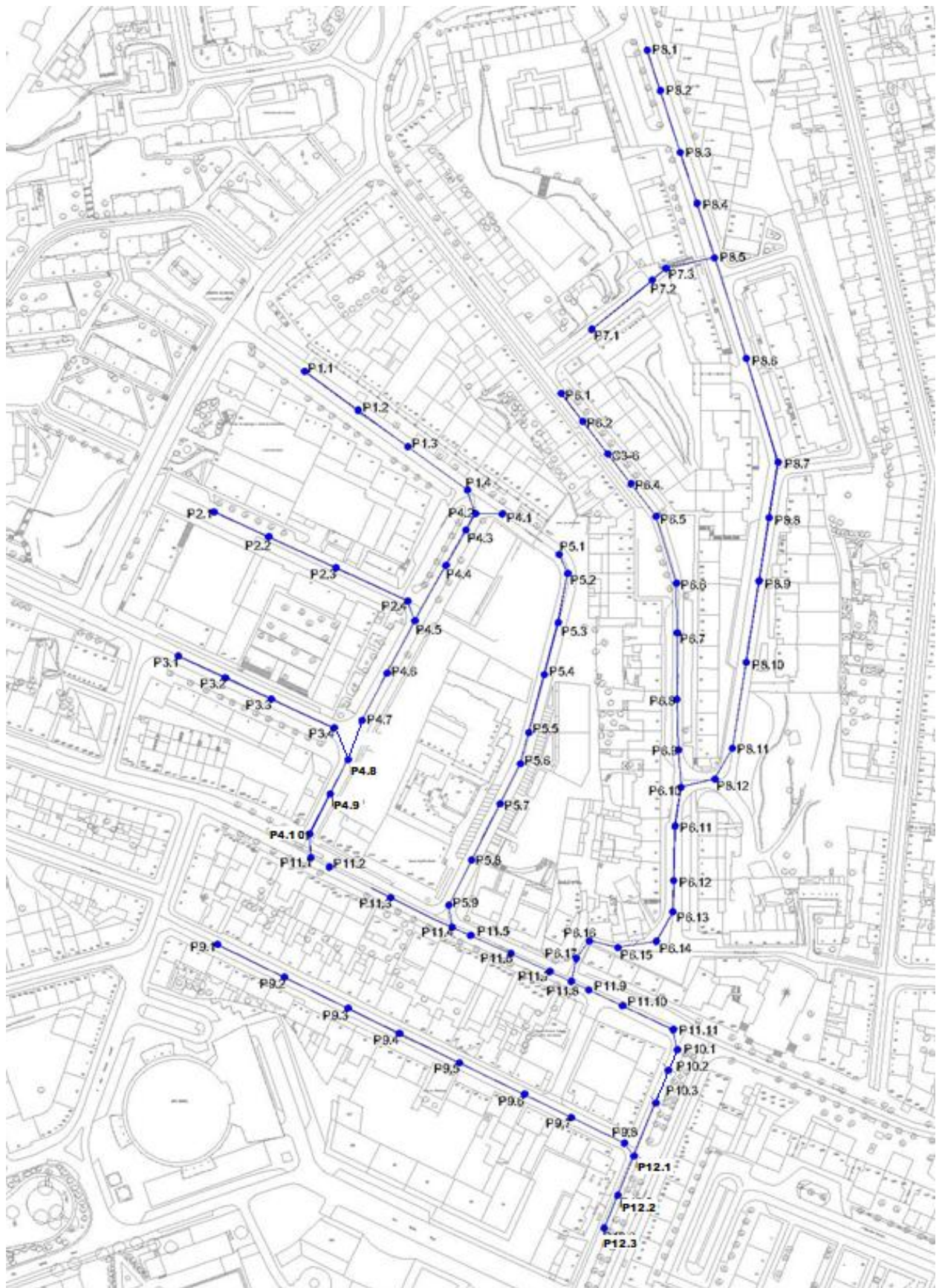


Figura 5 - Planta da rede de drenagem pluvial

Da esquematização representada na Figura 5 obteve-se a seguinte Tabela 1 com indicação de comprimento de cada um dos troços de coletor, bem como de informações adicionais necessárias para uma boa análise da rede proposta.

Tabela 1– Comprimentos de coletores e notas adicionais

Arruamento	CO L.	Caixa nº		L coletores (m)	Notas:
		De	Para		
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	37.2	
		P1.2	P1.3	34.7	
		P1.3	P1.4	41.3	
		P1.4	P4.2	14.0	Coletor 1 descarrega na Caixa P4.2.
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	33.8	
		P2.2	P2.3	41.8	
		P2.3	P2.4	44.2	
		P2.4	P4.5	11.9	Coletor 2 descarrega na Caixa P4.5.
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	28.8	
		P3.2	P3.3	28.4	
		P3.3	P3.4	38.9	
		P3.4	P4.8	11.9	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	15.1	
		P4.2	P4.3	10.6	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P4.3	P4.4	23.0	
		P4.4	P4.5	35.6	
		P4.5	P4.6	33.2	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P4.6	P4.7	30.2	
		P4.7	P4.8	10.5	
		P4.8	P4.9	13.1	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P4.09	P4.10	25.0	
		P4.10	P11.1	13.5	Coletor 4 descarrega na Caixa P11.1.
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	11.8	
		P5.2	P5.3	28.1	
		P5.3	P5.4	30.2	
		P5.4	P5.5	33.7	
		P5.5	P5.6	18.1	
		P5.6	P5.7	25.3	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P5.7	P5.8	35.2	
		P5.8	P5.9	28.4	
		P5.9	P11.5	12.7	Coletor 5 descarrega na Caixa P11.4.

Tabela 1– Comprimentos de coletores e notas adicionais

Arruamento	CO L.	Caixa nº		L coletores (m)	Notas:
		De	Para		
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	19.9	
		P6.2	P6.3	23.1	
		P6.3	P6.4	21.2	
		P6.4	P6.5	23.1	
		P6.5	P6.6	39.2	
		P6.6	P6.7	27.9	
		P6.7	P6.8	37.5	
		P6.8	P6.9	28.2	
		P6.9	P6.10	21.1	
		P6.10	P6.11	22.2	
		P6.11	P6.12	30.3	
		P6.12	P6.13	17.8	
		P6.13	P6.14	18.9	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P6.14	P6.15	21.8	
		P6.15	P6.16	16.6	
		P6.16	P6.17	12.4	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P6.17	P11.8	13.2	Coletor 6 descarrega na Caixa P11.8.
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	44.2	
		P7.2	P7.3	10.1	
		P7.3	P8.5	28.1	Coletor 7 descarrega na Caixa P8.5. Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	23.2	
		P8.2	P8.3	36.4	
		P8.3	P8.4	30.3	
		P8.4	P8.5	32.1	
		P8.5	P8.6	59.3	
		P8.6	P8.7	60.8	
		P8.7	P8.8	31.5	
		P8.8	P8.9	36.0	
		P8.9	P8.10	46.2	
		P8.10	P8.11	48.9	
		P8.11	P8.12	19.9	
		P8.12	P6.10	19.6	Coletor 8 descarrega na Caixa P6.10. Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.

Tabela 1– Comprimentos de coletores e notas adicionais

Arruamento	CO L.	Caixa nº		L coletores (m)	Notas:
		De	Para		
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	41.7	
		P9.2	P9.3	39.8	
		P9.3	P9.4	32.1	
		P9.4	P9.5	37.6	
		P9.5	P9.6	40.7	
		P9.6	P9.7	29.2	
		P9.7	P9.8	33.2	
		P9.8	P12.1	8.9	Coletor 9 descarrega na Caixa P12.1.
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	17.0	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P10.2	P10.3	18.4	
		P10.3	P12.1	37.3	Coletor 10 descarrega na Caixa P12.1
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	11.5	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P11.2	P11.3	38.4	
		P11.3	P11.4	38.5	
		P11.4	P11.5	11.2	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P11.5	P11.6	24.8	
		P11.6	P11.7	24.1	
		P11.7	P11.8	13.3	
		P11.8	P11.9	10.9	Troço sem sumidouros que contribuam para caudal.
		P11.9	P11.10	20.9	
		P11.10	P11.11	31.5	
		P11.11	P10.1	11.4	Coletor 11 descarrega na Caixa P10.1.
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	26.9	
		P12.2	P12,3	20.0	
		P12.3	CA		Ligação a Caneiro de Alcântara

4 Caracterização hidrológica

4.1 Definição do período de retorno

O dimensionamento ótimo das obras de drenagem baseado na análise de riscos deve estabelecer critérios económicos considerando os custos de cada solução de projeto e ainda os custos dos prejuízos que possam ser causados pela ocorrência de precipitações intensas superiores às consideradas nessas soluções, nomeadamente as interferências com o tráfego pedonal e rodoviário e com a segurança de pessoas e seus bens (Marques et al., 2013) (Ramos, 2006).

Para o cálculo dos caudais de ponta de cheia é importante a definição da variável período de retorno (T_R), ou seja, “o intervalo de tempo que, em média, decorre para que um determinado evento seja igualado ou excedido”. O valor do período de retorno deve ser definido em função da importância da obra e das consequências dos fenómenos de precipitações intensas. A CML adota um período de retorno de 10 anos que considera adequado para garantir a segurança de pessoas e bens, embora não exista nenhum documento escrito onde isso esteja definido.

Na Tabela 2 (Marques et al., 2008) (Marques et al., 2013) (Ramos, 2006) apresentam-se os períodos de retorno aconselháveis em função da vida útil da obra (C) e o risco (R). Este valor de risco da ocorrência de um caudal superior ao correspondente a um certo período de retorno (IEP, 2001), é obtido com recurso às seguintes fórmulas (Hipólito et al., 2011):

$$R=1-\left(1-\frac{1}{T_R}\right)^n$$

$$T_R=\frac{1}{1-(1-R)^{\frac{1}{n}}}$$

Onde:

T_R – período de retorno (anos)

n – vida útil da obra (anos)

Pela aplicação das fórmulas anteriores para um horizonte de projeto considerado de 40 anos, e um período de retorno de 10 anos, considerado como adequado pela Câmara Municipal de Lisboa, foi possível determinar que o risco é de cerca de 98.5%. O valor do risco poderá calcular-se pela Tabela 2, (Marques et al., 2011), onde são apresentados os valores do período de retorno em função da vida útil da obra e do risco. Para T igual a 10 anos e procedendo a interpolação dos valores da tabela, obtém-se o mesmo valor para o risco (98,5%).

Tabela 2 - Valores do período de retorno

Risco aceitável R	Vida útil da obra (C)						
	10	20	30	40	50	100	200
0.01	995	1990	2985	3980	4975	9950	19900
0.10	95	190	285	380	475	950	1899
0.25	35	70	105	140	174	348	696
0.50	15	29	44	58	73	145	289
0.75	8	15	22	29	37	73	145
0.99	3	5	7	9	11	22	44

A adoção de períodos de retorno maiores levaria à obtenção de caudais de dimensionamento mais elevados e de coletores de dimensões e custos também superiores. Alguma segurança adicional será assegurada pelo dimensionamento dos sumidouros de modo a garantir uma eficiência acrescida na captação dos caudais e o dimensionamento dos coletores para uma altura máxima de escoamento inferior à que corresponde ao caudal máximo que é possível transportar.

4.2 Determinação do tempo de concentração

Os tempos de concentração foram calculados com recurso a dois métodos distintos, a fórmula de Kirpich e o método do Soil Conservation Service, dado que as bacias de contribuição são urbanas, o que impede a utilização de outras fórmulas que são aplicáveis apenas a bacias de solo natural.

4.2.1 Fórmula de Kirpich

Este método, de determinação do tempo de concentração tem em consideração o relevo da bacia e a extensão do percurso, sendo o seu valor calculado pela fórmula (Lencastre et al., 2003) (Marques et al., 2008):

$$t_c = 0.0663 \times \frac{L_b^{0.77}}{i_{mb}^{0.385}} \text{ (horas)}$$

Onde:

L_b – comprimento da bacia (km)

i_{mb} – inclinação da bacia (%)

Por o escoamento neste caso específico se dar maioritariamente em superfícies asfaltadas, o valor do tempo de concentração obtido pela fórmula, deve ser multiplicado por 0.4. (Marques et al., 2008) (Marques et al., 2011).

4.2.2 Método do Soil Conservation Service

Este método empírico (Lencastre, 2003), desenvolvido pelo United States Soil Conservation Service em 1972, tem como base o conceito de que o solo retém ou absorve parte da precipitação (AAS, 2004), e considera que o tempo de concentração pode ser calculado em função do tempo de atraso t_l , por:

$$t_c = 1.67 \times t_l$$

Marques et al, (2008) define “tempo de atraso” como o “tempo entre o instante que corresponde ao centro de gravidade do hietograma de precipitação útil e o instante em que ocorre a ponta do hidrograma”. No caso de não haver registos de observações que permitam a sua determinação, esses autores apresentam a expressão seguinte para a sua determinação, aplicável a bacias urbanas com áreas até 8km².

$$t_l = \frac{L_b^{0.8} \times (0.03937 \times S_{mr} + 1)^{0.7}}{734.43 \times i_{mb}^{0.5}} \text{ (horas)}$$

Com:

t_i – tempo de atraso (horas)

L_b – comprimento da bacia (m)

i_{mb} – declive médio da bacia hidrográfica (%)

S_{mr} – capacidade máxima de retenção de água do solo após o início do escoamento, calculado pela expressão:

$$S_{mr} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{mm})$$

Onde:

CN – número de escoamento da bacia hidrográfica

Este último parâmetro é dependente da utilização e cobertura do solo, bem como do tipo de solo existente, conforme se apresenta na Tabela 3, adaptado de Lencastre (2003) e de Ramos (2006). Considerou-se um valor igual a 98, por se estar perante arruamentos asfaltados.

Tabela 3 - Número de escoamento da bacia hidrográfica

Utilização ou cobertura do solo		Tipo de Solo			
		A	B	C	D
Zonas residenciais:					
Dimensões médias dos lotes	percentagem média impermeável				
< 500 m ²	65%	77	85	90	92
1000 m ²	38%	61	75	83	87
1300 m ²	30%	57	72	81	86
2000 m ²	25%	54	70	80	85
4000 m ²	20%	51	68	79	84
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98
Arruamentos e estradas:					
asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
gravilha		76	85	89	91
terra batida		72	82	87	89

4.2.3 Comparação dos valores dos tempos de concentração obtidos

Os tempos de concentração obtidos pelo pelos dois métodos são representados na Tabela 4 para cada uma das ruas da zona em estudo, de acordo com a numeração atribuída a cada caixa com o formato Px.y, onde x corresponde ao número atribuído ao coletor, e y ao número de sequencia da câmara de visita, com a distribuição das câmaras de visita conforme o representado na Figura 5.

Para a fórmula de Kirpich foi considerado um fator multiplicativo $K=0.4$ por se tratar de bacias urbanas, tal como foi especificado em 4.2.1.

Tabela 4 - Comparação dos tempos de concentração obtidos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		L _b (km)	i _{mb} inclinação da bacia (%)	tc (min)						
		De	Para			Kirpich		SCS				
						K	tc (min)	CN	Smr (mm)	t _l (min)	tc (min)	
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.026	5.73	0.40	0.284	98	5.184	0.520	0.868	
		P1.2	P1.3	0.037	6.16	0.40	0.369	98	5.184	0.676	1.129	
		P1.3	P1.4	0.035	4.42	0.40	0.397	98	5.184	0.755	1.261	
		P1.4	P4.2	0.041	2.27	0.40	0.588	98	5.184	1.212	2.025	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.019	1.51	0.40	0.376	98	5.184	0.795	1.327	
		P2.2	P2.3	0.034	5.96	0.40	0.347	98	5.184	0.637	1.064	
		P2.3	P2.4	0.042	6.61	0.40	0.393	98	5.184	0.717	1.197	
		P2.4	P4.5	0.044	0.36	0.40	1.255	98	5.184	3.205	5.352	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.009	1.54	0.40	0.204	98	5.184	0.420	0.701	
		P3.2	P3.3	0.029	1.67	0.40	0.501	98	5.184	1.060	1.770	
		P3.3	P3.4	0.028	0.54	0.40	0.767	98	5.184	1.847	3.084	
		P3.4	P4.8	0.039	2.01	0.40	0.587	98	5.184	1.226	2.047	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.028	2.20	0.40	0.434	98	5.184	0.888	1.483	
		P4.2	P4.3	(*)								
		P4.3	P4.4	0.026	5.10	0.40	0.298	98	5.184	0.553	0.924	
		P4.4	P4.5	0.023	9.06	0.40	0.220	98	5.184	0.380	0.634	
		P4.5	P4.6	(*)								
		P4.6	P4.7	0.069	6.97	0.40	0.565	98	5.184	1.040	1.737	
		P4.7	P4.8	0.030	4.68	0.40	0.349	98	5.184	0.657	1.096	
		P4.8	P4.9	(*)								
		P4.9	P4.10	0.045	3.69	0.40	0.523	98	5.184	1.024	1.710	
P4.10	P11.1	0.025	5.59	0.40	0.282	98	5.184	0.517	0.863			

Tabela 4 - Comparação dos tempos de concentração obtidos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		L _b (km)	i _{mb} inclinação da bacia (%)	tc (min)						
		De	Para			Kirpich		SCS				
						K	tc (min)	CN	Smr (mm)	tI (min)	tc (min)	
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.012	2.63	0.40	0.210	98	5.184	0.410	0.685	
		P5.2	P5.3	0.012	4.35	0.40	0.175	98	5.184	0.322	0.537	
		P5.3	P5.4	0.028	9.29	0.40	0.254	98	5.184	0.440	0.734	
		P5.4	P5.5	0.030	8.20	0.40	0.281	98	5.184	0.496	0.828	
		P5.5	P5.6	0.034	6.14	0.40	0.343	98	5.184	0.627	1.047	
		P5.6	P5.7	(*)								
		P5.7	P5.8	0.043	6.25	0.40	0.413	98	5.184	0.759	1.268	
		P5.8	P5.9	0.035	6.23	0.40	0.352	98	5.184	0.644	1.076	
		P5.9	P11.5	0.028	3.76	0.40	0.363	98	5.184	0.698	1.165	
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.024	8.07	0.40	0.234	98	5.184	0.410	0.684	
		P6.2	P6.3	0.020	7.28	0.40	0.213	98	5.184	0.376	0.629	
		P6.3	P6.4	0.023	8.58	0.40	0.225	98	5.184	0.391	0.653	
		P6.4	P6.5	0.021	7.51	0.40	0.222	98	5.184	0.391	0.653	
		P6.5	P6.6	0.023	7.49	0.40	0.237	98	5.184	0.419	0.700	
		P6.6	P6.7	0.039	7.51	0.40	0.356	98	5.184	0.638	1.066	
		P6.7	P6.8	0.028	4.73	0.40	0.327	98	5.184	0.613	1.024	
		P6.8	P6.9	0.037	4.43	0.40	0.421	98	5.184	0.802	1.339	
		P6.9	P6.10	0.028	4.93	0.40	0.325	98	5.184	0.606	1.012	
		P6.10	P6.11	0.021	6.52	0.40	0.233	98	5.184	0.417	0.696	
		P6.11	P6.12	0.022	7.84	0.40	0.226	98	5.184	0.397	0.663	
		P6.12	P6.13	0.030	12.57	0.40	0.240	98	5.184	0.402	0.672	
		P6.13	P6.14	(*)								

Tabela 4 - Comparação dos tempos de concentração obtidos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		L _b (km)	i _{mb} inclinação da bacia (%)	tc (min)						
		De	Para			Kirpich		SCS				
						K	tc (min)	CN	Smr (mm)	tl (min)	tc (min)	
Calçada do Tojal	6	P6.14	P6.15	0.037	12.09	0.40	0.282	98	5.184	0.477	0.797	
		P6.15	P6.16	0.022	10.83	0.40	0.197	98	5.184	0.333	0.556	
		P6.16	P6.17	(*)								
		P6.17	P11.8	0.029	8.81	0.40	0.265	98	5.184	0.463	0.773	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.024	11.86	0.40	0.204	98	5.184	0.342	0.570	
		P7.2	P7.3	0.044	7.69	0.40	0.387	98	5.184	0.695	1.161	
		P7.3	P8.5	(*)								
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.031	0.89	0.40	0.677	98	5.184	1.543	2.576	
		P8.2	P8.3	0.023	3.16	0.40	0.331	98	5.184	0.647	1.080	
		P8.3	P8.4	0.036	3.80	0.40	0.437	98	5.184	0.845	1.412	
		P8.4	P8.5	0.030	4.31	0.40	0.361	98	5.184	0.686	1.145	
		P8.5	P8.6	0.032	3.52	0.40	0.408	98	5.184	0.795	1.328	
		P8.6	P8.7	0.059	2.70	0.40	0.726	98	5.184	1.484	2.478	
		P8.7	P8.8	0.061	3.32	0.40	0.684	98	5.184	1.366	2.281	
		P8.8	P8.9	0.032	0.51	0.40	0.847	98	5.184	2.057	3.435	
		P8.9	P8.10	0.036	0.97	0.40	0.733	98	5.184	1.661	2.773	
		P8.10	P8.11	0.046	0.70	0.40	1.005	98	5.184	2.381	3.976	
		P8.11	P8.12	0.049	0.58	0.40	1.134	98	5.184	2.754	4.599	
Rua Emília das Neves	9	P8.12	P6.10	(*)								
		P9.1	P9.2	0.021	0.32	0.40	0.741	98	5.184	1.876	3.132	
		P9.2	P9.3	0.042	0.54	0.40	1.028	98	5.184	2.501	4.177	
		P9.3	P9.4	0.040	0.27	0.40	1.298	98	5.184	3.419	5.711	

Tabela 4 - Comparação dos tempos de concentração obtidos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		L _b (km)	i _{mb} inclinação da bacia (%)	tc (min)					
		De	Para			Kirpich		SCS			
						K	tc (min)	CN	Smr (mm)	t _l (min)	tc (min)
Rua Emília das Neves	9	P9.4	P9.5	0.032	0.20	0.40	1.226	98	5.184	3.315	5.536
		P9.5	P9.6	0.038	0.40	0.40	1.062	98	5.184	2.666	4.451
		P9.6	P9.7	0.041	0.20	0.40	1.490	98	5.184	4.070	6.797
		P9.7	P9.8	0.029	0.33	0.40	0.948	98	5.184	2.417	4.037
		P9.8	P12.1	0.033	0.30	0.40	1.084	98	5.184	2.806	4.687
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)							
		P10.2	P10.3	0.017	0.57	0.40	0.506	98	5.184	1.193	1.993
		P10.3	P12.1	0.018	0.54	0.40	0.545	98	5.184	1.293	2.160
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)							
		P11.2	P11.3	0.074	0.50	0.40	1.655	98	5.184	4.140	6.913
		P11.3	P11.4	0.038	0.70	0.40	0.873	98	5.184	2.056	3.434
		P11.4	P11.5	(*)							
		P11.5	P11.6	0.050	0.26	0.40	1.570	98	5.184	4.187	6.992
		P11.6	P11.7	0.025	0.27	0.40	0.895	98	5.184	2.318	3.872
		P11.7	P11.8	0.024	0.51	0.40	0.688	98	5.184	1.656	2.765
		P11.8	P11.9	(*)							
		P11.9	P11.10	0.024	0.44	0.40	0.730	98	5.184	1.789	2.988
		P11.10	P11.11	0.021	0.21	0.40	0.877	98	5.184	2.336	3.900
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	0.037	0.36	0.40	1.102	98	5.184	2.799	4.674
		P12.2	P12.3	0.027	0.02	0.40	2.505	98	5.184	8.683	14.501
		P12.3	CA	0.020	0.02	0.40	2.321	98	5.184	8.345	13.937

Os troços cujas caixas de montante não têm ligações a sumidouros, foram identificadas como “Troço sem bacia de contribuição”.

Os tempos de concentração obtidos foram aplicados em quatro métodos de cálculo dos caudais de ponta.

O valor obtido pela fórmula de Kirpich foi utilizado no método racional, no método racional generalizado e no método de Martino, enquanto o obtido pelo método do Soil Conservation Service foi utilizado exclusivamente para determinação de caudais por este mesmo método.

5 Determinação dos caudais de ponta

5.1 Cálculos preliminares

Para além do tempo de concentração calculado anteriormente, também o conhecimento de qual a intensidade de chuvada é indispensável para o cálculo dos caudais de ponta, sendo este parâmetro parte de diversos métodos de determinação destes caudais, podendo calcular-se pela expressão:

$$I = a \times t^b \text{ (mm/h)}$$

sendo a e b parâmetros numéricos (função do período de retorno e do regime pluviométrico da zona de localização da bacia) e t a duração da chuvada. Considerou-se para a duração da chuvada o valor igual ao tempo de concentração (expresso em minutos), o que corresponde à situação da contribuição, em simultâneo, de toda a bacia para o caudal afluente a cada coletor.

A legislação em vigor, nomeadamente o RGSPDADAR - Decreto Regulamentar n.º23/95 (Ministério das Obras Públicas, 1995) refere no Ponto 1 do Artigo 128.º que “Na elaboração de estudos relativos à drenagem de águas pluviais deve recorrer-se às curvas intensidade/duração/frequência, que fornecem os valores das intensidades médias máximas da precipitação para várias durações e diferentes períodos de retorno”.

Os parâmetros das curvas de referência foram obtidos com recurso à análise da pluviosidade em diversos pontos udográficos localizados no território nacional, constituem o Anexo IX do regulamento em vigor e apresentam-se na Tabela 5 (Anexo IX do RGSPDADAR).

A Câmara Municipal de Lisboa considera adequado um período de retorno de 10 anos, para dimensionamento de redes de drenagem de água pluvial para o binómio eficiência/economia. Como tal os parâmetros a considerar, atendendo à localização das bacias na zona pluviométrica A, são:

$$a=290.68 \text{ e } b=-0.549$$

Tabela 5 – Parâmetros de curvas IDF

Regiões	A		B		C	
T (Anos)	a	b	a	b	a	b
2	202.72	-0.577	162.18	-0.577	243.26	-0.577
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	382.29	-0.538
50	349.54	-0.524	279.63	-0.524	419.45	-0.508
100	365.62	-0.508	292.50	-0.504	434.75	-0.504

5.2 Método racional

Segundo Marques (2008 e 2011), este método é largamente aplicado para bacias com área até 25 km², tanto a nível nacional como internacional e conduz a valores aceitáveis desde que os seus parâmetros sejam cuidadosamente definidos. O caudal de ponta de cheia pode ser calculado por (Hipólito et al., 2011) e (Tomaz, 2010):

$$Q_p = 2.78 C \times I \times A \quad (l/s)$$

Onde:

A – área da bacia (ha)

I – intensidade de precipitação (mm/h)

C – coeficiente de escoamento (adimensional)

O coeficiente de escoamento, que expressa a relação entre a quantidade de água afluída à rede durante uma chuvada e a precipitação que atingiu o solo durante essa mesma chuvada (Lencastre, 2003) tende para a unidade com o aumento da percentagem de área impermeabilizada. Os seus valores apresentam-se na Tabela 6 (adaptada de (Lima et al., 2010)).

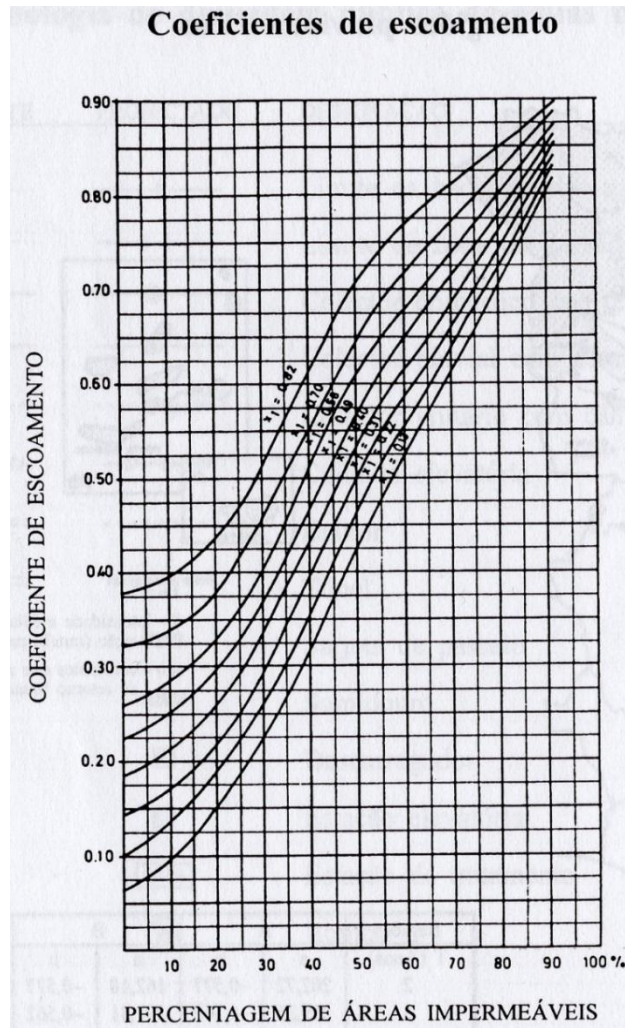
Tabela 6 – Valores do coeficiente de escoamento para zonas específicas

Descrição da área e superfícies	C
Pavimento:	
Asfalto	0.70 - 0.95
Betão	0.80 - 0.95
Calçadas	0.75 - 0.85
Edificação muito densa:	
Zonas urbanas centrais, densamente construídas, com ruas e calçadas pavimentadas:	0.70 - 0.95

No entanto por se estar perante uma elevada percentagem de impermeabilização das áreas das bacias, qualquer um dos métodos irá permitir obter resultados semelhantes conforme se pode comprovar na comparação da Tabela 6 com o Anexo X do regulamento (Figura 6).

Tendo em conta o referido no ponto 1.5, na caracterização das bacias e sub-bacias de contribuição dos coletores dos coletores em estudo considerou-se uma elevada percentagem de impermeabilização devido ao tipo de pavimentos da zona. O espaço público é frequentemente alterado, uma eventual eliminação de espaços verdes ou a substituição de pavimentos pedonais por pavimentos contínuos iria provocar caudais superiores aos considerados inicialmente, pelo que se adotou o valor de 0.9, ou seja, o valor máximo da Figura 6 (ANEXO X do RGSPDADAR - Decreto Regulamentar n.º23/95).

Na Tabela 7 apresentam-se os valores obtidos para a rede pluvial em estudo.



Valor	Terreno plano i = 0 a 1%	Terreno pouco inclinado i = 1 a 1,5%	Terreno inclinado i = 1,5 a 8%	Terreno muito inclinado i > 8%
Terreno arenoso	0,13	0,22	0,31	0,49
Terreno semi-arenoso	0,22	0,31	0,40	0,58
Terreno semi-compacto .	0,31	0,40	0,49	0,70
Terreno compacto	0,40	0,49	0,58	0,82

Figura 6 – Determinação dos coeficientes de escoamento

Tabela 7 - Cálculo de Caudais pelo Método Racional

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	Tc (min)	Método racional						
		De	Para			C	i (mm/h)	i (l/s/ha)	Q (l/s)	Q (m³/s)	Qacum (m³/s)	
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.195	0.284	0.900	579.71	1611.60	282.69	0.283	0.283	
		P1.2	P1.3	0.458	0.369	0.900	502.57	1397.14	575.65	0.576	0.858	
		P1.3	P1.4	0.307	0.397	0.900	482.59	1341.60	370.56	0.371	1.229	
		P1.4	P4.2	0.325	0.588	0.900	389.21	1082.01	316.39	0.316	1.545	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.103	0.376	0.900	497.06	1381.83	128.59	0.129	0.129	
		P2.2	P2.3	0.266	0.347	0.900	519.54	1444.33	345.64	0.346	0.474	
		P2.3	P2.4	0.324	0.393	0.900	485.59	1349.94	393.16	0.393	0.867	
		P2.4	P4.5	0.319	1.255	0.900	256.58	713.29	204.85	0.205	1.072	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.040	0.204	0.900	695.78	1934.26	69.98	0.070	0.070	
		P3.2	P3.3	0.215	0.501	0.900	424.71	1180.69	228.36	0.228	0.298	
		P3.3	P3.4	0.204	0.767	0.900	336.20	934.64	171.85	0.172	0.470	
		P3.4	P4.8	0.316	0.587	0.900	389.37	1082.46	307.85	0.308	0.778	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.125	0.434	0.900	459.42	1277.18	143.22	0.143	0.143	
		P4.2	P4.3	(*)								1.689
		P4.3	P4.4	0.148	0.298	0.900	564.53	1569.38	209.18	0.209	1.898	
		P4.4	P4.5	0.094	0.220	0.900	668.20	1857.59	157.49	0.157	2.055	
		P4.5	P4.6	(*)								3.127
		P4.6	P4.7	0.412	0.565	0.900	397.68	1105.54	409.53	0.410	3.537	
		P4.7	P4.8	0.185	0.349	0.900	517.95	1439.89	239.87	0.240	3.777	
		P4.8	P4.9	(*)								4.555
		P4.09	P4.10	0.288	0.523	0.900	414.77	1153.07	298.87	0.299	4.854	
P4.10	P11.1	0.152	0.282	0.900	582.32	1618.86	221.75	0.222	5.076			

Tabela 7 - Cálculo de Caudais pelo Método Racional

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	Tc (min)	Método racional						
		De	Para			C	i (mm/h)	i (l/s/ha)	Q (l/s)	Q (m³/s)	Qacum (m³/s)	
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.043	0.210	0.900	684.85	1903.89	72.82	0.073	0.073	
		P5.2	P5.3	0.071	0.175	0.900	757.92	2107.02	133.88	0.134	0.207	
		P5.3	P5.4	0.106	0.254	0.900	617.39	1716.36	162.97	0.163	0.370	
		P5.4	P5.5	0.171	0.281	0.900	583.25	1621.44	249.10	0.249	0.619	
		P5.5	P5.6	0.250	0.343	0.900	523.18	1454.45	326.86	0.327	0.946	
		P5.6	P5.7	(*)								0.946
		P5.7	P5.8	0.351	0.413	0.900	472.33	1313.08	414.45	0.414	1.360	
		P5.8	P5.9	0.326	0.352	0.900	515.38	1432.77	420.12	0.420	1.780	
		P5.9	P11.4	0.277	0.363	0.900	507.39	1410.55	352.16	0.352	2.132	
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.097	0.234	0.900	645.64	1794.88	156.69	0.157	0.157	
		P6.2	P6.3	0.111	0.213	0.900	678.90	1887.35	188.21	0.188	0.345	
		P6.3	P6.4	0.113	0.225	0.900	659.50	1833.41	186.95	0.187	0.532	
		P6.4	P6.5	0.112	0.222	0.900	664.43	1847.10	186.35	0.186	0.718	
		P6.5	P6.6	0.118	0.237	0.900	640.49	1780.57	189.42	0.189	0.908	
		P6.6	P6.7	0.224	0.356	0.900	512.79	1425.55	287.01	0.287	1.195	
		P6.7	P6.8	0.171	0.327	0.900	536.77	1492.23	230.19	0.230	1.425	
		P6.8	P6.9	0.237	0.421	0.900	467.31	1299.13	276.75	0.277	1.702	
		P6.9	P6.10	0.178	0.325	0.900	539.00	1498.42	240.05	0.240	1.942	
		P6.10	P6.11	0.055	0.233	0.900	646.98	1798.60	89.03	0.089	6.566	
		P6.11	P6.12	0.224	0.226	0.900	657.31	1827.33	367.90	0.368	6.934	
		P6.12	P6.13	0.244	0.240	0.900	636.80	1770.30	388.76	0.389	7.322	
		P6.13	P6.14	(*)								7.322
		P6.14	P6.15	0.181	0.282	0.900	582.90	1620.45	263.24	0.263	7.586	

Tabela 7 - Cálculo de Caudais pelo Método Racional

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	Tc (min)	Método racional						
		De	Para			C	i (mm/h)	i (l/s/ha)	Q (l/s)	Q (m³/s)	Qacum (m³/s)	
Calçada do Tojal	6	P6.15	P6.16	0.168	0.197	0.900	709.16	1971.48	298.62	0.299	7.884	
		P6.16	P6.17	(*)								7.884
		P6.17	P11.8	0.117	0.265	0.900	602.72	1675.57	175.98	0.176	8.060	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.061	0.204	0.900	696.53	1936.36	105.78	0.106	0.106	
		P7.2	P7.3	0.162	0.387	0.900	489.51	1360.83	198.04	0.198	0.304	
		P7.3	P8.5	(*)								0.304
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.373	0.677	0.900	360.08	1001.02	336.13	0.336	0.336	
		P8.2	P8.3	0.431	0.331	0.900	533.01	1481.76	574.11	0.574	0.910	
		P8.3	P8.4	0.570	0.437	0.900	458.19	1273.78	652.87	0.653	1.563	
		P8.4	P8.5	0.442	0.361	0.900	508.43	1413.44	562.78	0.563	2.126	
		P8.5	P8.6	0.422	0.408	0.900	475.22	1321.10	501.64	0.502	2.931	
		P8.6	P8.7	0.533	0.726	0.900	346.59	963.53	462.38	0.462	3.394	
		P8.7	P8.8	0.507	0.684	0.900	358.14	995.63	453.95	0.454	3.848	
		P8.8	P8.9	0.207	0.847	0.900	318.46	885.31	164.61	0.165	4.012	
		P8.9	P8.10	0.211	0.733	0.900	344.72	958.31	181.81	0.182	4.194	
		P8.10	P8.11	0.246	1.005	0.900	289.83	805.73	178.32	0.178	4.372	
		P8.11	P8.12	0.240	1.134	0.900	271.25	754.09	162.54	0.163	4.535	
		P8.12	P6.10	(*)								4.535
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.137	0.741	0.900	342.75	952.84	117.83	0.118	0.118	
		P9.2	P9.3	0.286	1.028	0.900	286.30	795.91	204.72	0.205	0.323	
		P9.3	P9.4	0.270	1.298	0.900	251.86	700.17	170.27	0.170	0.493	
		P9.4	P9.5	0.212	1.226	0.900	259.88	722.46	137.85	0.138	0.631	
		P9.5	P9.6	0.253	1.062	0.900	281.17	781.64	177.98	0.178	0.809	

Tabela 7 - Cálculo de Caudais pelo Método Racional

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	Tc (min)	Método racional					
		De	Para			C	i (mm/h)	i (l/s/ha)	Q (l/s)	Q (m³/s)	Qacum (m³/s)
Rua Emília das Neves	9	P9.6	P9.7	0.276	1.490	0.900	233.55	649.26	160.98	0.161	0.970
		P9.7	P9.8	0.201	0.948	0.900	299.35	832.19	150.24	0.150	1.120
		P9.8	P12.1	0.205	1.084	0.900	278.04	772.95	142.61	0.143	1.262
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)							16.080
		P10.2	P10.3	0.060	0.506	0.900	422.36	1174.17	63.19	0.063	16.143
		P10.3	P12.1	0.028	0.545	0.900	405.58	1127.52	28.51	0.029	16.172
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)							5.076
		P11.2	P11.3	0.358	1.655	0.900	220.41	612.74	197.26	0.197	5.273
		P11.3	P11.4	0.151	0.873	0.900	313.22	870.76	118.18	0.118	5.391
		P11.4	P11.5	(*)							7.523
		P11.5	P11.6	0.182	1.570	0.900	226.90	630.79	103.27	0.103	7.627
		P11.6	P11.7	0.095	0.895	0.900	308.94	858.86	73.51	0.074	7.700
		P11.7	P11.8	0.093	0.688	0.900	357.01	992.49	83.43	0.083	7.784
		P11.8	P11.9	(*)							15.844
		P11.9	P11.10	0.087	0.730	0.900	345.42	960.27	75.10	0.075	15.919
		P11.10	P11.11	0.079	0.877	0.900	312.46	868.63	61.99	0.062	15.981
		P11.11	P10.1	0.124	0.835	0.900	320.93	892.18	99.41	0.099	16.080
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	0.062	1.102	0.900	275.60	766.17	42.96	0.043	17.477
		P12.2	P12.3	0.024	2.505	0.900	175.56	488.07	10.63	0.011	17.488
		P12.3	CA	0.045	2.321	0.900	183.08	508.95	20.66	0.021	17.509

5.3 Método racional generalizado

O caudal de ponta pelo método racional generalizado, é obtido pela expressão (Santos, 2010) (Matos, 2007/08):

$$Q_p = \phi \times \gamma \times I \times A \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

γ – coeficiente de regolfo, dependente da inclinação do terreno. Para bacias impermeabilizadas considera-se igual à unidade (Matos, 2007/08)

A - área da bacia de drenagem (ha)

I – Intensidade de precipitação ($\text{m}^3/(\text{ha}.\text{s})$)

ϕ - coeficiente de redução global de escoamento, determinado por:

$$\phi = C \times \left(2 \times \frac{V_1}{V} \right) \times \left(\frac{t}{t_c} \right)$$

Onde:

C – coeficiente de escoamento

V_1 – volume correspondente à parte ascendente do hidrograma

V – volume correspondente à totalidade do hidrograma

t – tempo de precipitação (horas)

t_c – tempo de concentração (horas)

$2 \times V_1 / V$ traduz a percentagem da precipitação que não sofre atraso ou armazenamento superficial e que contribui para o escoamento.

Por outro lado, t/t_c traduz a possibilidade de a bacia não contribuir na sua totalidade quando se verifica o caudal de ponta. O coeficiente de regolfo traduz o facto de o escoamento ser normalmente gradualmente variado, havendo efeitos de regolfo que se traduzem na diminuição dos caudais de ponta.

Considerando a total impermeabilização da bacia, logo que existe simetria no hidrograma ($2 \times V_1 = V$), bem como um tempo de duração de chuvada igual ao tempo de concentração, pela mesma razão apontada para o método racional, tem-se que:

$$\phi = C$$

Assim, para bacias urbanas, com elevada percentagem de áreas impermeabilizadas, a fórmula do método racional generalizado transforma-se na do método racional. Assim, não se procedeu ao cálculo dos caudais de ponta de cheia por este método.

5.4 Método de Martino

O método de Martino, assenta numa fórmula de estrutura análoga à dos métodos cinemáticos (Lencastre, 2003) mas considera a influência do armazenamento superficial e consequente atraso na afluência de caudais à rede de coletores para determinação do caudal de ponta, recorrendo à expressão:

$$Q_p = \phi \times \Psi \times I \times A \quad (m^3/s)$$

Onde:

ϕ – coeficiente de armazenamento (Tabela 8 (Lencastre, 2003))

I – intensidade de precipitação ($m^3/(ha.s)$)

A - área da bacia (ha)

Ψ – coeficiente de escoamento (Figura 6, secção 5.2)

O coeficiente de armazenamento, representado na Tabela 8, caracteriza a capacidade da bacia de contribuição, de reter e acumular os escoamentos pluviais precipitados. Este efeito de armazenamento é garantido pela existência de solos vegetais, que ao reterem volumes de água, contribui para a redução dos caudais de ponta. Por esse motivo este fator é dependente, para além das características geométricas e topográficas da bacia, do revestimento superficial da bacia em estudo.

Tabela 8 - Coeficiente de armazenamento Φ

Inclinação ↓	Área → (ha)	1-5			5-15			15-30		
	Intensidade ↓ de chuvada (mm/hora)	Coeficiente de escoamento, Ψ								
		0.30	0.50	0.70	0.30	0.50	0.70	0.30	0.50	0.70
0.001	72	0.46	0.52	0.58	0.44	0.49	0.53	0.42	0.47	0.51
	109	0.49	0.56	0.60	0.46	0.52	0.56	0.44	0.49	0.53
	150	0.53	0.60	0.65	0.48	0.55	0.59	0.46	0.52	0.56
	183	0.57	0.65	0.70	0.51	0.58	0.62	0.47	0.54	0.58
0.005	72	0.47	0.54	0.59	0.45	0.52	0.57	0.43	0.50	0.55
	100	0.51	0.60	0.64	0.49	0.56	0.61	0.47	0.54	0.58
	150	0.55	0.67	0.75	0.53	0.62	0.68	0.50	0.59	0.64
	183	0.63	0.74	0.85	0.57	0.67	0.74	0.53	0.64	0.70
0.010	72	0.48	0.55	0.60	0.46	0.53	0.58	0.45	0.51	0.56
	109	0.52	0.61	0.66	0.50	0.59	0.63	0.48	0.57	0.60
	150	0.59	0.72	0.78	0.56	0.66	0.71	0.53	0.63	0.68
	183	0.66	0.80	0.88	0.61	0.72	0.79	0.57	0.68	0.73
0.050	72	0.49	0.56	0.61	0.47	0.54	0.59	0.46	0.52	0.57
	109	0.54	0.63	0.69	0.51	0.60	0.66	0.49	0.58	0.63
	150	0.61	0.75	0.85	0.58	0.69	0.77	0.55	0.67	0.74
	183	0.70	0.86	0.97	0.65	0.79	0.88	0.60	0.73	0.84

Da comparação entre os valores obtidos e representados na Tabela 4 e na Tabela 7, com os valores da Tabela 8 obteve-se a Tabela 9:

Tabela 9 - Comparação entre bacias em estudo e dados da Tabela 8

Característica	Referência	Bacias em estudo	Valores limite da Tabela 8
Inclinação (m/m)	Min.	0.002	0.001
	Máx.	0.126	0.050
Área (ha)	Min.	0.024	1.000
	Máx.	0.570	30.000
Int. de precipitação (mm/h)	Min.	175.560	72.000
	Máx.	757.920	183.000
Cof. Escoamento	Min.	0.90	0.30
	Máx.	0.90	0.70

Com a análise da Tabela 9 constatou-se que a totalidade das bacias não têm características dentro do intervalo de valores, pelo que se procedeu a uma comparação mais pormenorizada, onde se constatou que:

- 31% das bacias têm uma inclinação superior a 0.05 m/m;
- 85% das bacias têm uma intensidade de precipitação superior a 183 mm/h;
- 100% das bacias têm uma área inferior 1 ha;
- 100% das bacias têm um coeficiente de escoamento superior a 0.70.

Da Tabela 9, o valor de coeficiente de armazenamento que mais se aproxima da bacia-tipo é de 0.97, mas perante a diferença significativa de coeficiente de escoamento entre o valor máximo tabelado (0,70) e o valor de 0,90 que se adotou (devido à natureza do pavimento das ruas), decidiu-se considerar um coeficiente de armazenamento unitário uma vez que os valores das grandezas da tabela (Inclinação, área da bacia, intensidade de precipitação e coeficiente de escoamento) não contemplam as respetivas gamas de valores para as bacias de contribuição da área em estudo.

No entanto ao adotar-se como coeficiente de armazenamento a unidade, este método de Martino apresenta valores equivalentes aos do método racional, razão pela qual não foi aplicado ao caso em estudo.

5.5 Método do Soil Conservation Service

Para determinação do caudal de ponta pelo método de Soil Conservation Service (Marques et al., 2008), tem de se recorrer à expressão:

$$Q_p = \frac{I_u \times A_b \times K}{3.6} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Onde:

A_b – área da bacia hidrográfica (km^2)

K – fator de ponta da bacia hidrográfica (adimensional)

I_u – intensidade de precipitação útil (mm/h)

O fator de ponta varia entre 1.0 e 0.5, de acordo com a inclinação da bacia, sendo corrente considerar-se um valor igual a 0.75. (Marques et al., 2008)

A intensidade de precipitação útil é calculada com recurso à expressão:

$$I_u = \frac{P_u}{t_c} \text{ (mm/h)}$$

Com:

$$\begin{cases} P_u = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S_{mr}} & \text{Se}(P > I_a) \\ P_u = 0 & \text{Se}(P < I_a) \end{cases} \text{ (mm)}$$

Sendo:

I_a – perdas iniciais

S_{mr} – capacidade máxima de retenção de água do solo após o início do escoamento

P – precipitação total

A precipitação total (P), cuja, cuja determinação é necessária para determinação da precipitação útil (P_u), corresponde a uma chuvada com duração $t = t_0 + t_c$ (em horas).

O valor do tempo inicial (t_0) é determinado por um processo iterativo, arbitrando inicialmente um valor nulo, até se verificar a estabilização do seu valor.

Apresenta-se de seguida a sequência de cálculo até à determinação do caudal de ponta de cheia (Q_p):

1. Cálculo do valor de t_0 , que corresponde ao tempo até ocorrerem as perdas iniciais, ou seja, até iniciar o escoamento superficial, arbitrando inicialmente um valor nulo e procedendo ao respetivo processo iterativo;
2. Cálculo do valor de t_1 , pela soma do valor de t_c representado na Tabela 4, com o t_0 referido no ponto 1;

3. Cálculo da intensidade de precipitação I_1 , com recurso às curvas IDF, para o tempo de concentração t_1 ($I=a t^b$ conforme referido em 5.1);
4. Cálculo de perdas iniciais I_a ($I_a=0.2 S_{mr}$ conforme referido em 4.2.2);
5. Cálculo de t_{02} ($t_{02}=I_a/I_1$);
6. Repetir os passos 3 a 5 até o valor de t_{0i} estabilizar;
7. Cálculo de I com recurso a curvas IDF para um $t_{final}=t_{0final}+t_c$;
8. Cálculo da precipitação total P ;
9. Cálculo da precipitação útil P_u ;
10. Cálculo da intensidade de precipitação útil ($I_u=P_u/t_c$);
11. Determinação do caudal de ponta de cheia Q_{pcheia} ($Q_{pcheia}=(I_u.A_b.K)/3.6$).

Na tabela seguinte apresentam-se os valores obtidos para a rede pluvial em estudo:

Tabela 10 – Dados de Base para Cálculo de Caudais pelo Método do Soil Conservation Service

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	S_{mr} (mm)	t_c (min)
		De	Para			
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.195	5.184	0.868
		P1.2	P1.3	0.458	5.184	1.129
		P1.3	P1.4	0.307	5.184	1.261
		P1.4	P4.2	0.325	5.184	2.025
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.103	5.184	1.327
		P2.2	P2.3	0.266	5.184	1.064
		P2.3	P2.4	0.324	5.184	1.197
		P2.4	P4.5	0.319	5.184	5.352
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.040	5.184	0.701
		P3.2	P3.3	0.215	5.184	1.770
		P3.3	P3.4	0.204	5.184	3.084
		P3.4	P4.8	0.316	5.184	2.047
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.125	5.184	1.483
		P4.2	P4.3	(*)		
		P4.3	P4.4	0.148	5.184	0.924
		P4.4	P4.5	0.094	5.184	0.634
		P4.5	P4.6	(*)		
		P4.6	P4.7	0.412	5.184	1.737
		P4.7	P4.8	0.185	5.184	1.096
		P4.8	P4.9	(*)		
P4.9	P4.10	0.288	5.184	1.710		

Tabela 10 – Dados de Base para Cálculo de Caudais pelo Método do Soil Conservation Service

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	S _{mr} (mm)	tc (min)
		De	Para			
		P4.10	P11.1	0.152	5.184	0.863
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.043	5.184	0.685
		P5.2	P5.3	0.071	5.184	0.537
		P5.3	P5.4	0.106	5.184	0.734
		P5.4	P5.5	0.171	5.184	0.828
		P5.5	P5.6	0.250	5.184	1.047
		P5.6	P5.7	(*)		
		P5.7	P5.8	0.351	5.184	1.268
		P5.8	P5.9	0.326	5.184	1.076
		P5.9	P11.4	0.277	5.184	1.165
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.097	5.184	0.684
		P6.2	P6.3	0.111	5.184	0.629
		P6.3	P6.4	0.113	5.184	0.653
		P6.4	P6.5	0.112	5.184	0.653
		P6.5	P6.6	0.118	5.184	0.700
		P6.6	P6.7	0.224	5.184	1.066
		P6.7	P6.8	0.171	5.184	1.024
		P6.8	P6.9	0.237	5.184	1.339
		P6.9	P6.10	0.178	5.184	1.012
		P6.10	P6.11	0.055	5.184	0.696
		P6.11	P6.12	0.224	5.184	0.663
		P6.12	P6.13	0.244	5.184	0.672
		P6.13	P6.14	(*)		
		P6.14	P6.15	0.181	5.184	0.797
		P6.15	P6.16	0.168	5.184	0.556
		P6.16	P6.17	(*)		
		P6.17	P11.8	0.117	5.184	0.773
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.061	5.184	0.570
		P7.2	P7.3	0.162	5.184	1.161
		P7.3	P8.5	(*)		
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.373	5.184	2.576
		P8.2	P8.3	0.431	5.184	1.080
		P8.3	P8.4	0.570	5.184	1.412
		P8.4	P8.5	0.442	5.184	1.145
		P8.5	P8.6	0.422	5.184	1.328
		P8.6	P8.7	0.533	5.184	2.478
		P8.7	P8.8	0.507	5.184	2.281
		P8.8	P8.9	0.207	5.184	3.435

Tabela 10 – Dados de Base para Cálculo de Caudais pelo Método do Soil Conservation Service

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		Área (ha)	S _{mr} (mm)	tc (min)
		De	Para			
		P8.9	P8.10	0.211	5.184	2.773
		P8.10	P8.11	0.246	5.184	3.976
		P8.11	P8.12	0.240	5.184	4.599
		P8.12	P6.10	(*)		
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.137	5.184	3.132
		P9.2	P9.3	0.286	5.184	4.177
		P9.3	P9.4	0.270	5.184	5.711
		P9.4	P9.5	0.212	5.184	5.536
		P9.5	P9.6	0.253	5.184	4.451
		P9.6	P9.7	0.276	5.184	6.797
Rua Emília das Neves	9	P9.7	P9.8	0.201	5.184	4.037
		P9.8	P12.1	0.205	5.184	4.687
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)		
		P10.2	P10.3	0.060	5.184	1.993
		P10.3	P12.1	0.028	5.184	2.160
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)		
		P11.2	P11.3	0.358	5.184	6.913
		P11.3	P11.4	0.151	5.184	3.434
		P11.4	P11.5	(*)		
		P11.5	P11.6	0.182	5.184	6.992
		P11.6	P11.7	0.095	5.184	3.872
		P11.7	P11.8	0.093	5.184	2.765
		P11.8	P11.9	(*)		
		P11.9	P11.10	0.087	5.184	2.988
		P11.10	P11.11	0.079	5.184	3.900
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P11.11	P10.1	0.124	5.184	3.373
		P12.1	P12.2	0.062	5.184	4.674
		P12.2	P12.3	0.024	5.184	14.501
		P12.3	CA	0.045	5.184	13.937

Tabela 11 – Processo iterativo para determinação de t0 (1ª, 2ª e 3ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc (min)	t ₀ inicial (min)	t (Iter 1) (min)	I1 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 2) (h)	t (Iter 2) (min)	I2 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 3) (h)	t (Iter 3) (min)	I3 (mm/h)	
		De	Para													
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.868	0.00	0.87	314.12	1.04	0.003	1.07	280.61	1.04	0.004	1.09	277.26	
		P1.2	P1.3	1.129	0.00	1.13	271.90	1.04	0.004	1.36	245.72	1.04	0.004	1.38	243.33	
		P1.3	P1.4	1.261	0.00	1.26	255.95	1.04	0.004	1.50	232.35	1.04	0.004	1.53	230.28	
		P1.4	P4.2	2.025	0.00	2.02	197.35	1.04	0.005	2.34	182.28	1.04	0.006	2.37	181.17	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	1.327	0.00	1.33	248.86	1.04	0.004	1.58	226.36	1.04	0.005	1.60	224.43	
		P2.2	P2.3	1.064	0.00	1.06	280.94	1.04	0.004	1.29	253.25	1.04	0.004	1.31	250.67	
		P2.3	P2.4	1.197	0.00	1.20	263.39	1.04	0.004	1.43	238.59	1.04	0.004	1.46	236.37	
		P2.4	P4.5	5.352	0.00	5.35	115.74	1.04	0.009	5.89	109.81	1.04	0.009	5.92	109.52	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.701	0.00	0.70	353.33	1.04	0.003	0.88	312.42	1.04	0.003	0.90	308.00	
		P3.2	P3.3	1.770	0.00	1.77	212.46	1.04	0.005	2.06	195.34	1.04	0.005	2.09	194.02	
		P3.3	P3.4	3.084	0.00	3.08	156.63	1.04	0.007	3.48	146.55	1.04	0.007	3.51	145.93	
		P3.4	P4.8	2.047	0.00	2.05	196.16	1.04	0.005	2.36	181.24	1.04	0.006	2.39	180.15	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	1.483	0.00	1.48	234.09	1.04	0.004	1.75	213.85	1.04	0.005	1.77	212.18	
		P4.2	P4.3	(*)												
		P4.3	P4.4	0.924	0.00	0.92	303.64	1.04	0.003	1.13	272.02	1.04	0.004	1.15	268.92	
		P4.4	P4.5	0.634	0.00	0.63	373.35	1.04	0.003	0.80	328.46	1.04	0.003	0.82	323.44	
		P4.5	P4.6	(*)												
		P4.6	P4.7	1.737	0.00	1.74	214.64	1.04	0.005	2.03	197.21	1.04	0.005	2.05	195.86	
		P4.7	P4.8	1.096	0.00	1.10	276.36	1.04	0.004	1.32	249.43	1.04	0.004	1.35	246.95	
		P4.8	P4.9	(*)												
		P4.9	P4.10	1.710	0.00	1.71	216.53	1.04	0.005	2.00	198.84	1.04	0.005	2.02	197.45	
		P4.10	P11.1	0.863	0.00	0.86	315.16	1.04	0.003	1.06	281.47	1.04	0.004	1.08	278.08	

Tabela 11 – Processo iterativo para determinação de t_0 (1ª, 2ª e 3ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc (min)	t_0 inicial (min)	t (Iter 1) (min)	I1 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 2) (h)	t (Iter 2) (min)	I2 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 3) (h)	t (Iter 3) (min)	I3 (mm/h)	
		De	Para													
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.685	0.00	0.68	357.88	1.04	0.003	0.86	316.08	1.04	0.003	0.88	311.53	
		P5.2	P5.3	0.537	0.00	0.54	408.77	1.04	0.003	0.69	356.48	1.04	0.003	0.71	350.30	
		P5.3	P5.4	0.734	0.00	0.73	344.40	1.04	0.003	0.91	305.23	1.04	0.003	0.94	301.06	
		P5.4	P5.5	0.828	0.00	0.83	322.41	1.04	0.003	1.02	287.39	1.04	0.004	1.04	283.82	
		P5.5	P5.6	1.047	0.00	1.05	283.43	1.04	0.004	1.27	255.31	1.04	0.004	1.29	252.68	
		P5.6	P5.7	(*)												
		P5.7	P5.8	1.268	0.00	1.27	255.14	1.04	0.004	1.51	231.66	1.04	0.004	1.54	229.60	
		P5.8	P5.9	1.076	0.00	1.08	279.27	1.04	0.004	1.30	251.85	1.04	0.004	1.32	249.31	
		P5.9	P11.4	1.165	0.00	1.17	267.28	1.04	0.004	1.40	241.85	1.04	0.004	1.42	239.56	
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.684	0.00	0.68	358.00	1.04	0.003	0.86	316.17	1.04	0.003	0.88	311.62	
		P6.2	P6.3	0.629	0.00	0.63	375.06	1.04	0.003	0.79	329.82	1.04	0.003	0.82	324.75	
		P6.3	P6.4	0.653	0.00	0.65	367.21	1.04	0.003	0.82	323.55	1.04	0.003	0.85	318.72	
		P6.4	P6.5	0.653	0.00	0.65	367.37	1.04	0.003	0.82	323.68	1.04	0.003	0.84	318.85	
		P6.5	P6.6	0.700	0.00	0.70	353.58	1.04	0.003	0.88	312.62	1.04	0.003	0.90	308.20	
		P6.6	P6.7	1.066	0.00	1.07	280.68	1.04	0.004	1.29	253.03	1.04	0.004	1.31	250.46	
		P6.7	P6.8	1.024	0.00	1.02	286.97	1.04	0.004	1.24	258.25	1.04	0.004	1.26	255.53	
		P6.8	P6.9	1.339	0.00	1.34	247.59	1.04	0.004	1.59	225.29	1.04	0.005	1.62	223.38	
		P6.9	P6.10	1.012	0.00	1.01	288.85	1.04	0.004	1.23	259.81	1.04	0.004	1.25	257.05	
		P6.10	P6.11	0.696	0.00	0.70	354.60	1.04	0.003	0.87	313.44	1.04	0.003	0.89	308.99	
		P6.11	P6.12	0.663	0.00	0.66	364.15	1.04	0.003	0.83	321.10	1.04	0.003	0.86	316.36	
		P6.12	P6.13	0.672	0.00	0.67	361.60	1.04	0.003	0.84	319.06	1.04	0.003	0.87	314.40	
		P6.13	P6.14	(*)												
		P6.14	P6.15	0.797	0.00	0.80	329.15	1.04	0.003	0.99	292.87	1.04	0.004	1.01	289.13	

Tabela 11 – Processo iterativo para determinação de t_0 (1ª, 2ª e 3ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc (min)	t_0 inicial (min)	t (Iter 1) (min)	I1 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 2) (h)	t (Iter 2) (min)	I2 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 3) (h)	t (Iter 3) (min)	I3 (mm/h)	
		De	Para													
Calçada do Tojal	6	P6.15	P6.16	0.556	0.00	0.56	401.08	1.04	0.003	0.71	350.43	1.04	0.003	0.73	344.51	
		P6.16	P6.17	(*)												
		P6.17	P11.8	0.773	0.00	0.77	334.91	1.04	0.003	0.96	297.56	1.04	0.003	0.98	293.65	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.570	0.00	0.57	395.64	1.04	0.003	0.73	346.14	1.04	0.003	0.75	340.40	
		P7.2	P7.3	1.161	0.00	1.16	267.79	1.04	0.004	1.39	242.28	1.04	0.004	1.42	239.98	
		P7.3	P8.5	(*)												
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	2.576	0.00	2.58	172.90	1.04	0.006	2.94	160.93	1.04	0.006	2.96	160.13	
		P8.2	P8.3	1.080	0.00	1.08	278.64	1.04	0.004	1.30	251.33	1.04	0.004	1.33	248.80	
		P8.3	P8.4	1.412	0.00	1.41	240.54	1.04	0.004	1.67	219.32	1.04	0.005	1.70	217.54	
		P8.4	P8.5	1.145	0.00	1.15	269.84	1.04	0.004	1.38	243.99	1.04	0.004	1.40	241.65	
		P8.5	P8.6	1.328	0.00	1.33	248.79	1.04	0.004	1.58	226.31	1.04	0.005	1.60	224.37	
		P8.6	P8.7	2.478	0.00	2.48	176.64	1.04	0.006	2.83	164.21	1.04	0.006	2.86	163.36	
		P8.7	P8.8	2.281	0.00	2.28	184.84	1.04	0.006	2.62	171.39	1.04	0.006	2.64	170.44	
		P8.8	P8.9	3.435	0.00	3.44	147.63	1.04	0.007	3.86	138.55	1.04	0.007	3.88	138.00	
		P8.9	P8.10	2.773	0.00	2.77	166.04	1.04	0.006	3.15	154.88	1.04	0.007	3.17	154.16	
		P8.10	P8.11	3.976	0.00	3.98	136.24	1.04	0.008	4.43	128.35	1.04	0.008	4.46	127.90	
		P8.11	P8.12	4.599	0.00	4.60	125.78	1.04	0.008	5.09	118.92	1.04	0.009	5.12	118.56	
		P8.12	P6.10	(*)												
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	3.132	0.00	3.13	155.30	1.04	0.007	3.53	145.37	1.04	0.007	3.56	144.76	
		P9.2	P9.3	4.177	0.00	4.18	132.60	1.04	0.008	4.65	125.07	1.04	0.008	4.67	124.66	
		P9.3	P9.4	5.711	0.00	5.71	111.69	1.04	0.009	6.27	106.12	1.04	0.010	6.30	105.85	
		P9.4	P9.5	5.536	0.00	5.54	113.61	1.04	0.009	6.08	107.87	1.04	0.010	6.11	107.59	
		P9.5	P9.6	4.451	0.00	4.45	128.05	1.04	0.008	4.94	120.97	1.04	0.009	4.97	120.59	

Tabela 11 – Processo iterativo para determinação de t0 (1ª, 2ª e 3ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc (min)	t ₀ inicial (min)	t (Iter 1) (min)	I1 (mm/h)	Ia (mm)	t0 (Iter 2) (h)	t (Iter 2) (min)	I2 (mm/h)	Ia (mm)	t0 (Iter 3) (h)	t (Iter 3) (min)	I3 (mm/h)
		De	Para												
Rua Emília das Neves	9	P9.6	P9.7	6.797	0.00	6.80	101.50	1.04	0.010	7.41	96.80	1.04	0.011	7.44	96.59
		P9.7	P9.8	4.037	0.00	4.04	135.12	1.04	0.008	4.50	127.34	1.04	0.008	4.53	126.90
		P9.8	P12.1	4.687	0.00	4.69	124.48	1.04	0.008	5.19	117.75	1.04	0.009	5.21	117.39
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)											
		P10.2	P10.3	1.993	0.00	1.99	199.06	1.04	0.005	2.31	183.77	1.04	0.006	2.33	182.64
		P10.3	P12.1	2.160	0.00	2.16	190.47	1.04	0.005	2.49	176.30	1.04	0.006	2.51	175.29
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)											
		P11.2	P11.3	6.913	0.00	6.91	100.56	1.04	0.010	7.53	95.94	1.04	0.011	7.56	95.73
		P11.3	P11.4	3.434	0.00	3.43	147.65	1.04	0.007	3.86	138.56	1.04	0.007	3.88	138.02
		P11.4	P11.5	(*)	(*)										
		P11.5	P11.6	6.992	0.00	6.99	99.93	1.04	0.010	7.61	95.36	1.04	0.011	7.64	95.16
		P11.6	P11.7	3.872	0.00	3.87	138.25	1.04	0.007	4.32	130.15	1.04	0.008	4.35	129.69
		P11.7	P11.8	2.765	0.00	2.77	166.30	1.04	0.006	3.14	155.11	1.04	0.007	3.17	154.38
		P11.8	P11.9	(*)											
		P11.9	P11.10	2.988	0.00	2.99	159.37	1.04	0.007	3.38	148.99	1.04	0.007	3.41	148.33
		P11.10	P11.11	3.900	0.00	3.90	137.69	1.04	0.008	4.35	129.65	1.04	0.008	4.38	129.19
		P11.11	P10.1	3.373	0.00	3.37	149.12	1.04	0.007	3.79	139.88	1.04	0.007	3.82	139.32
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	4.674	0.00	4.67	124.66	1.04	0.008	5.17	117.91	1.04	0.009	5.20	117.55
		P12.2	P12.3	14.501	0.00	14.50	66.96	1.04	0.015	15.43	64.71	1.04	0.016	15.46	64.64
		P12.3	CA	13.937	0.00	13.94	68.43	1.04	0.015	14.85	66.10	1.04	0.016	14.88	66.02

Tabela 12 – Processo iterativo para determinação de t0 (4ª e 5ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		la (mm)	t0 (Iter 4) (h)	t (Iter 4) (min)	I4 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 5) (h)	t (Iter 5) (min)	
		De	Para								
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	1.04	0.004	1.09	276.88	1.04	0.004	1.09	
		P1.2	P1.3	1.04	0.004	1.38	243.09	1.04	0.004	1.39	
		P1.3	P1.4	1.04	0.005	1.53	230.08	1.04	0.005	1.53	
		P1.4	P4.2	1.04	0.006	2.37	181.09	1.04	0.006	2.37	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	1.04	0.005	1.60	224.25	1.04	0.005	1.60	
		P2.2	P2.3	1.04	0.004	1.31	250.40	1.04	0.004	1.31	
		P2.3	P2.4	1.04	0.004	1.46	236.16	1.04	0.004	1.46	
		P2.4	P4.5	1.04	0.009	5.92	109.50	1.04	0.009	5.92	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	1.04	0.003	0.90	307.47	1.04	0.003	0.90	
		P3.2	P3.3	1.04	0.005	2.09	193.90	1.04	0.005	2.09	
		P3.3	P3.4	1.04	0.007	3.51	145.89	1.04	0.007	3.51	
		P3.4	P4.8	1.04	0.006	2.39	180.07	1.04	0.006	2.39	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	1.04	0.005	1.78	212.03	1.04	0.005	1.78	
		P4.2	P4.3	(*)							
		P4.3	P4.4	1.04	0.004	1.15	268.58	1.04	0.004	1.16	
		P4.4	P4.5	1.04	0.003	0.83	322.80	1.04	0.003	0.83	
		P4.5	P4.6	(*)							
		P4.6	P4.7	1.04	0.005	2.05	195.74	1.04	0.005	2.06	
		P4.7	P4.8	1.04	0.004	1.35	246.70	1.04	0.004	1.35	
		P4.8	P4.9	(*)							
		P4.9	P4.10	1.04	0.005	2.02	197.34	1.04	0.005	2.03	
P4.10	P11.1	1.04	0.004	1.09	277.71	1.04	0.004	1.09			

Tabela 12 – Processo iterativo para determinação de t0 (4ª e 5ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		la (mm)	t0 (Iter 4) (h)	t (Iter 4) (min)	I4 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 5) (h)	t (Iter 5) (min)	
		De	Para								
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	1.04	0.003	0.88	310.97	1.04	0.003	0.88	
		P5.2	P5.3	1.04	0.003	0.71	349.47	1.04	0.003	0.72	
		P5.3	P5.4	1.04	0.003	0.94	300.57	1.04	0.003	0.94	
		P5.4	P5.5	1.04	0.004	1.05	283.42	1.04	0.004	1.05	
		P5.5	P5.6	1.04	0.004	1.29	252.41	1.04	0.004	1.29	
		P5.6	P5.7	(*)							
		P5.7	P5.8	1.04	0.005	1.54	229.41	1.04	0.005	1.54	
		P5.8	P5.9	1.04	0.004	1.33	249.05	1.04	0.004	1.33	
		P5.9	P11.4	1.04	0.004	1.42	239.33	1.04	0.004	1.43	
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	1.04	0.003	0.88	311.06	1.04	0.003	0.88	
		P6.2	P6.3	1.04	0.003	0.82	324.11	1.04	0.003	0.82	
		P6.3	P6.4	1.04	0.003	0.85	318.12	1.04	0.003	0.85	
		P6.4	P6.5	1.04	0.003	0.85	318.24	1.04	0.003	0.85	
		P6.5	P6.6	1.04	0.003	0.90	307.66	1.04	0.003	0.90	
		P6.6	P6.7	1.04	0.004	1.31	250.19	1.04	0.004	1.31	
		P6.7	P6.8	1.04	0.004	1.27	255.25	1.04	0.004	1.27	
		P6.8	P6.9	1.04	0.005	1.62	223.20	1.04	0.005	1.62	
		P6.9	P6.10	1.04	0.004	1.25	256.76	1.04	0.004	1.25	
		P6.10	P6.11	1.04	0.003	0.90	308.45	1.04	0.003	0.90	
		P6.11	P6.12	1.04	0.003	0.86	315.78	1.04	0.003	0.86	
		P6.12	P6.13	1.04	0.003	0.87	313.82	1.04	0.003	0.87	
		P6.13	P6.14	(*)							
		P6.14	P6.15	1.04	0.004	1.01	288.69	1.04	0.004	1.01	

Tabela 12 – Processo iterativo para determinação de t0 (4ª e 5ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		la (mm)	t0 (Iter 4) (h)	t (Iter 4) (min)	I4 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 5) (h)	t (Iter 5) (min)	
		De	Para								
Calçada do Tojal	6	P6.15	P6.16	1.04	0.003	0.74	343.73	1.04	0.003	0.74	
		P6.16	P6.17	(*)							
		P6.17	P11.8	1.04	0.004	0.98	293.20	1.04	0.004	0.98	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	1.04	0.003	0.75	339.65	1.04	0.003	0.75	
		P7.2	P7.3	1.04	0.004	1.42	239.75	1.04	0.004	1.42	
		P7.3	P8.5	(*)							
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	1.04	0.006	2.96	160.07	1.04	0.006	2.96	
		P8.2	P8.3	1.04	0.004	1.33	248.54	1.04	0.004	1.33	
		P8.3	P8.4	1.04	0.005	1.70	217.38	1.04	0.005	1.70	
		P8.4	P8.5	1.04	0.004	1.40	241.41	1.04	0.004	1.40	
		P8.5	P8.6	1.04	0.005	1.60	224.19	1.04	0.005	1.61	
		P8.6	P8.7	1.04	0.006	2.86	163.30	1.04	0.006	2.86	
		P8.7	P8.8	1.04	0.006	2.65	170.37	1.04	0.006	2.65	
		P8.8	P8.9	1.04	0.008	3.89	137.97	1.04	0.008	3.89	
		P8.9	P8.10	1.04	0.007	3.18	154.11	1.04	0.007	3.18	
		P8.10	P8.11	1.04	0.008	4.46	127.88	1.04	0.008	4.46	
		P8.11	P8.12	1.04	0.009	5.12	118.54	1.04	0.009	5.12	
		P8.12	P6.10	(*)							
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	1.04	0.007	3.56	144.72	1.04	0.007	3.56	
		P9.2	P9.3	1.04	0.008	4.68	124.63	1.04	0.008	4.68	
		P9.3	P9.4	1.04	0.010	6.30	105.84	1.04	0.010	6.30	
		P9.4	P9.5	1.04	0.010	6.11	107.58	1.04	0.010	6.11	
		P9.5	P9.6	1.04	0.009	4.97	120.57	1.04	0.009	4.97	

Tabela 12 – Processo iterativo para determinação de t0 (4ª e 5ª iteração)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		la (mm)	t0 (Iter 4) (h)	t (Iter 4) (min)	I4 (mm/h)	la (mm)	t0 (Iter 5) (h)	t (Iter 5) (min)
		De	Para							
Rua Emília das Neves	9	P9.6	P9.7	1.04	0.011	7.44	96.58	1.04	0.011	7.44
		P9.7	P9.8	1.04	0.008	4.53	126.88	1.04	0.008	4.53
		P9.8	P12.1	1.04	0.009	5.22	117.37	1.04	0.009	5.22
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)						
		P10.2	P10.3	1.04	0.006	2.33	182.55	1.04	0.006	2.33
		P10.3	P12.1	1.04	0.006	2.51	175.21	1.04	0.006	2.51
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)						
		P11.2	P11.3	1.04	0.011	7.56	95.72	1.04	0.011	7.56
		P11.3	P11.4	1.04	0.008	3.88	137.99	1.04	0.008	3.89
		P11.4	P11.5	(*)						
		P11.5	P11.6	1.04	0.011	7.65	95.15	1.04	0.011	7.65
		P11.6	P11.7	1.04	0.008	4.35	129.66	1.04	0.008	4.35
		P11.7	P11.8	1.04	0.007	3.17	154.33	1.04	0.007	3.17
		P11.8	P11.9	(*)						
		P11.9	P11.10	1.04	0.007	3.41	148.29	1.04	0.007	3.41
		P11.10	P11.11	1.04	0.008	4.38	129.17	1.04	0.008	4.38
		P11.11	P10.1	1.04	0.007	3.82	139.28	1.04	0.007	3.82
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	1.04	0.009	5.20	117.53	1.04	0.009	5.20
		P12.2	P12.3	1.04	0.016	15.46	64.64	1.04	0.016	15.46
		P12.3	CA	1.04	0.016	14.88	66.02	1.04	0.016	14.88

Tabela 13 – Caudais de ponta e caudais acumulados (método do SCS)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc	t0 final (min)	t1	Área (ha)	I _{final} (mm/h)	P _{final} (mm)	Pu (mm)	lu (mm/h)	K	Qp (m³/s)	Qacum (m³/s)	
		De	Para												
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.87	0.22	1.09	0.1949	276.84	5.04	1.75	120.68	0.75	0.0490	0.0490	
		P1.2	P1.3	1.13	0.26	1.39	0.4578	243.06	5.61	2.14	113.95	0.75	0.1087	0.1577	
		P1.3	P1.4	1.26	0.27	1.53	0.3069	230.06	5.87	2.33	111.01	0.75	0.0710	0.2287	
		P1.4	P4.2	2.02	0.34	2.37	0.3249	181.08	7.15	3.31	97.97	0.75	0.0663	0.2950	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	1.33	0.28	1.60	0.1034	224.23	6.00	2.42	109.63	0.75	0.0236	0.0236	
		P2.2	P2.3	1.06	0.25	1.31	0.2659	250.37	5.48	2.05	115.51	0.75	0.0640	0.0876	
		P2.3	P2.4	1.20	0.26	1.46	0.3236	236.14	5.75	2.24	112.41	0.75	0.0758	0.1634	
		P2.4	P4.5	5.35	0.57	5.92	0.3191	109.50	10.80	6.38	71.54	0.75	0.0476	0.2109	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.70	0.20	0.90	0.0402	307.40	4.63	1.47	125.78	0.75	0.0105	0.0105	
		P3.2	P3.3	1.77	0.32	2.09	0.2149	193.90	6.76	3.00	101.71	0.75	0.0455	0.0561	
		P3.3	P3.4	3.08	0.43	3.51	0.2043	145.88	8.54	4.43	86.26	0.75	0.0367	0.0928	
		P3.4	P4.8	2.05	0.35	2.39	0.3160	180.06	7.18	3.33	97.66	0.75	0.0643	0.1571	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	1.48	0.29	1.78	0.1246	212.01	6.28	2.64	106.59	0.75	0.0277	0.0277	
		P4.2	P4.3	(*)											0.3226
		P4.3	P4.4	0.92	0.23	1.16	0.1481	268.54	5.17	1.83	119.14	0.75	0.0368	0.3594	
		P4.4	P4.5	0.63	0.19	0.83	0.0942	322.72	4.45	1.35	128.03	0.75	0.0251	0.3845	
		P4.5	P4.6	(*)											0.5955
		P4.6	P4.7	1.74	0.32	2.06	0.4116	195.73	6.70	2.96	102.23	0.75	0.0877	0.6831	
		P4.7	P4.8	1.10	0.25	1.35	0.1851	246.67	5.54	2.10	114.73	0.75	0.0442	0.7274	
		P4.8	P4.9	(*)											0.8844
		P4.9	P4.10	1.71	0.32	2.03	0.2880	197.33	6.66	2.93	102.67	0.75	0.0616	0.9461	
		P4.10	P11.1	0.86	0.22	1.09	0.1522	277.66	5.03	1.74	120.83	0.75	0.0383	0.9844	

Tabela 13 – Caudais de ponta e caudais acumulados (método do SCS)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc	t0 final (min)	t1	Área (ha)	I _{final} (mm/h)	P _{final} (mm)	Pu (mm)	lu (mm/h)	K	Qp (m ³ /s)	Qacum (m ³ /s)	
		De	Para												
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.68	0.20	0.88	0.0425	310.90	4.58	1.44	126.31	0.75	0.0112	0.0112	
		P5.2	P5.3	0.54	0.18	0.72	0.0706	349.36	4.17	1.18	131.48	0.75	0.0193	0.0305	
		P5.3	P5.4	0.73	0.21	0.94	0.1055	300.51	4.71	1.53	124.71	0.75	0.0274	0.0579	
		P5.4	P5.5	0.83	0.22	1.05	0.1707	283.37	4.95	1.68	121.84	0.75	0.0433	0.1013	
		P5.5	P5.6	1.05	0.25	1.29	0.2497	252.38	5.44	2.02	115.93	0.75	0.0603	0.1616	
		P5.6	P5.7	(*)											0.1616
		P5.7	P5.8	1.27	0.27	1.54	0.3507	229.39	5.89	2.34	110.86	0.75	0.0810	0.2426	
		P5.8	P5.9	1.08	0.25	1.33	0.3258	249.02	5.50	2.07	115.23	0.75	0.0782	0.3208	
		P5.9	P11.4	1.17	0.26	1.43	0.2774	239.31	5.68	2.20	113.12	0.75	0.0654	0.3861	
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.68	0.20	0.88	0.0970	310.99	4.58	1.44	126.33	0.75	0.0255	0.0255	
		P6.2	P6.3	0.63	0.19	0.82	0.1108	324.02	4.43	1.34	128.21	0.75	0.0296	0.0551	
		P6.3	P6.4	0.65	0.20	0.85	0.1133	318.05	4.50	1.39	127.36	0.75	0.0301	0.0852	
		P6.4	P6.5	0.65	0.20	0.85	0.1121	318.17	4.50	1.39	127.38	0.75	0.0297	0.1149	
		P6.5	P6.6	0.70	0.20	0.90	0.1182	307.59	4.62	1.47	125.81	0.75	0.0310	0.1459	
		P6.6	P6.7	1.07	0.25	1.31	0.2237	250.17	5.48	2.05	115.47	0.75	0.0538	0.1997	
		P6.7	P6.8	1.02	0.24	1.27	0.1714	255.22	5.39	1.99	116.51	0.75	0.0416	0.2413	
		P6.8	P6.9	1.34	0.28	1.62	0.2367	223.18	6.02	2.44	109.38	0.75	0.0539	0.2953	
		P6.9	P6.10	1.01	0.24	1.25	0.1780	256.73	5.36	1.97	116.82	0.75	0.0433	0.3386	
		P6.10	P6.11	0.70	0.20	0.90	0.0550	308.38	4.62	1.46	125.93	0.75	0.0144	1.2667	
		P6.11	P6.12	0.66	0.20	0.86	0.2237	315.70	4.53	1.40	127.02	0.75	0.0592	1.3259	
		P6.12	P6.13	0.67	0.20	0.87	0.2440	313.75	4.55	1.42	126.74	0.75	0.0644	1.3903	
		P6.13	P6.14	(*)											1.3903
P6.14	P6.15	0.80	0.22	1.01	0.1805	288.64	4.87	1.63	122.75	0.75	0.0462	1.4365			

Tabela 13 – Caudais de ponta e caudais acumulados (método do SCS)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc	t0 final (min)	t1	Área (ha)	I _{final} (mm/h)	P _{final} (mm)	Pu (mm)	lu (mm/h)	K	Qp (m ³ /s)	Qacum (m ³ /s)	
		De	Para												
Calçada do Tojal	6	P6.15	P6.16	0.56	0.18	0.74	0.1683	343.62	4.22	1.21	130.78	0.75	0.0459	1.4823	
		P6.16	P6.17	(*)											1.4823
		P6.17	P11.8	0.77	0.21	0.98	0.1167	293.14	4.81	1.59	123.51	0.75	0.0300	1.5123	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.57	0.18	0.75	0.0607	339.55	4.26	1.24	130.27	0.75	0.0165	0.0165	
		P7.2	P7.3	1.16	0.26	1.42	0.1617	239.72	5.68	2.19	113.21	0.75	0.0381	0.0546	
		P7.3	P8.5	(*)											0.0546
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	2.58	0.39	2.96	0.3731	160.06	7.91	3.92	91.24	0.75	0.0709	0.0709	
		P8.2	P8.3	1.08	0.25	1.33	0.4305	248.51	5.51	2.07	115.12	0.75	0.1032	0.1742	
		P8.3	P8.4	1.41	0.29	1.70	0.5695	217.36	6.15	2.54	107.95	0.75	0.1281	0.3022	
		P8.4	P8.5	1.15	0.26	1.40	0.4424	241.39	5.64	2.17	113.58	0.75	0.1047	0.4069	
		P8.5	P8.6	1.33	0.28	1.61	0.4219	224.17	6.00	2.43	109.62	0.75	0.0964	0.5579	
		P8.6	P8.7	2.48	0.38	2.86	0.5332	163.30	7.78	3.81	92.33	0.75	0.1026	0.6605	
		P8.7	P8.8	2.28	0.37	2.65	0.5066	170.37	7.51	3.60	94.63	0.75	0.0999	0.7603	
		P8.8	P8.9	3.44	0.45	3.89	0.2066	137.97	8.94	4.77	83.30	0.75	0.0359	0.7962	
		P8.9	P8.10	2.77	0.40	3.18	0.2108	154.10	8.16	4.12	89.19	0.75	0.0392	0.8354	
		P8.10	P8.11	3.98	0.49	4.46	0.2459	127.88	9.51	5.26	79.34	0.75	0.0406	0.8760	
		P8.11	P8.12	4.60	0.52	5.12	0.2395	118.54	10.12	5.79	75.48	0.75	0.0377	0.9137	
		P8.12	P6.10	(*)											0.9137
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	3.13	0.43	3.56	0.1374	144.72	8.59	4.48	85.83	0.75	0.0246	0.0246	
		P9.2	P9.3	4.18	0.50	4.68	0.2858	124.63	9.71	5.43	78.02	0.75	0.0465	0.0710	
		P9.3	P9.4	5.71	0.59	6.30	0.2702	105.84	11.11	6.65	69.88	0.75	0.0393	0.1104	
		P9.4	P9.5	5.54	0.58	6.11	0.2120	107.57	10.96	6.52	70.67	0.75	0.0312	0.1416	
		P9.5	P9.6	4.45	0.52	4.97	0.2530	120.57	9.98	5.66	76.34	0.75	0.0402	0.1818	

Tabela 13 – Caudais de ponta e caudais acumulados (método do SCS)

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº		tc	t0 final (min)	t1	Área (ha)	I _{final} (mm/h)	P _{final} (mm)	Pu (mm)	lu (mm/h)	K	Qp (m ³ /s)	Qacum (m ³ /s)
		De	Para											
Rua Emília das Neves	9	P9.6	P9.7	6.80	0.64	7.44	0.2755	96.58	11.98	7.42	65.53	0.75	0.0376	0.2194
		P9.7	P9.8	4.04	0.49	4.53	0.2006	126.88	9.57	5.31	78.94	0.75	0.0330	0.2524
		P9.8	P12.1	4.69	0.53	5.22	0.2050	117.37	10.20	5.86	74.98	0.75	0.0320	0.2844
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	(*)										3.0659
		P10.2	P10.3	1.99	0.34	2.33	0.0598	182.54	7.10	3.27	98.41	0.75	0.0123	3.0782
		P10.3	P12.1	2.16	0.36	2.51	0.0281	175.20	7.34	3.46	96.16	0.75	0.0056	3.0838
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	(*)										0.9844
		P11.2	P11.3	6.91	0.65	7.56	0.3577	95.72	12.07	7.50	65.12	0.75	0.0485	1.0329
		P11.3	P11.4	3.43	0.45	3.89	0.1508	137.99	8.93	4.77	83.31	0.75	0.0262	1.0591
		P11.4	P11.5	(*)										1.4452
		P11.5	P11.6	6.99	0.65	7.65	0.1819	95.15	12.13	7.56	64.84	0.75	0.0246	1.4698
		P11.6	P11.7	3.87	0.48	4.35	0.0951	129.66	9.40	5.17	80.06	0.75	0.0159	1.4856
		P11.7	P11.8	2.77	0.40	3.17	0.0934	154.33	8.15	4.11	89.27	0.75	0.0174	1.5030
		P11.8	P11.9	(*)										3.0154
		P11.9	P11.10	2.99	0.42	3.41	0.0869	148.28	8.42	4.34	87.13	0.75	0.0158	3.0311
		P11.10	P11.11	3.90	0.48	4.38	0.0793	129.16	9.43	5.19	79.86	0.75	0.0132	3.0443
		P11.11	P10.1	3.37	0.45	3.82	0.1238	139.28	8.87	4.71	83.80	0.75	0.0216	3.0659
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	4.67	0.53	5.20	0.0623	117.53	10.19	5.85	75.05	0.75	0.0097	3.3780
		P12.2	P12.3	14.50	0.96	15.46	0.0242	64.64	16.66	11.73	48.53	0.75	0.0024	3.3805
		P12.3	CA	13.94	0.94	14.88	0.0451	66.02	16.37	11.46	49.34	0.75	0.0046	3.3851

5.6 Comparação de caudais

Na Tabela 14 que se segue representa-se numericamente os caudais de ponta obtidos dos dois métodos utilizados, considerados como verdadeiramente distintos no método de cálculo, logo apresentando resultados significativamente diferentes.

Tabela 14 – Comparação de caudais obtidos pelos diversos métodos

Arruamento	COL.	Caixa nº		Caudais para cada método de cálculo (m ³ /s)	
		De	Para	Racional	SCS
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.2827	0.0490
		P1.2	P1.3	0.8583	0.1577
		P1.3	P1.4	1.2289	0.2287
		P1.4	P4.2	1.5453	0.2950
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.1286	0.0236
		P2.2	P2.3	0.4742	0.0876
		P2.3	P2.4	0.8674	0.1634
		P2.4	P4.5	1.0722	0.2109
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.0700	0.0105
		P3.2	P3.3	0.2983	0.0561
		P3.3	P3.4	0.4702	0.0928
		P3.4	P4.8	0.7780	0.1571
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.1432	0.0277
		P4.2	P4.3	1.6885	0.3226
		P4.3	P4.4	1.8977	0.3594
		P4.4	P4.5	2.0552	0.3845
		P4.5	P4.6	3.1274	0.5955
		P4.6	P4.7	3.5370	0.6831
		P4.7	P4.8	3.7768	0.7274
		P4.8	P4.9	4.5549	0.8844
		P4.9	P4.10	4.8538	0.9461
		P4.10	P11.1	5.0755	0.9844
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.0728	0.0112
		P5.2	P5.3	0.2067	0.0305
		P5.3	P5.4	0.3697	0.0579
		P5.4	P5.5	0.6188	0.1013
		P5.5	P5.6	0.9456	0.1616
		P5.6	P5.7	0.9456	0.1616

Tabela 14 – Comparação de caudais obtidos pelos diversos métodos

Arruamento	COL.	Caixa nº		Caudais para cada método de calculo (m ³ /s)	
		De	Para	Racional	SCS
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.7	P5.8	1.3601	0.2426
		P5.8	P5.9	1.7802	0.3208
		P5.9	P11.5	2.1324	0.3861
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.1567	0.0255
		P6.2	P6.3	0.3449	0.0551
		P6.3	P6.4	0.5319	0.0852
		P6.4	P6.5	0.7182	0.1149
		P6.5	P6.6	0.9076	0.1459
		P6.6	P6.7	1.1946	0.1997
		P6.7	P6.8	1.4248	0.2413
		P6.8	P6.9	1.7016	0.2953
		P6.9	P6.10	1.9416	0.3386
		P6.10	P6.11	6.5656	1.2667
		P6.11	P6.12	6.9335	1.3259
		P6.12	P6.13	7.3223	1.3903
		P6.13	P6.14	7.3223	1.3903
		P6.14	P6.15	7.5855	1.4365
		P6.15	P6.16	7.8841	1.4823
		P6.16	P6.17	7.8841	1.4823
		P6.17	P11.8	8.0601	1.5123
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.1058	0.0165
		P7.2	P7.3	0.3038	0.0546
		P7.3	P8.5	0.3038	0.0546
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.3361	0.0709
		P8.2	P8.3	0.9102	0.1742
		P8.3	P8.4	1.5631	0.3022
		P8.4	P8.5	2.1259	0.4069
		P8.5	P8.6	2.9314	0.5579
		P8.6	P8.7	3.3937	0.6605
		P8.7	P8.8	3.8477	0.7603
		P8.8	P8.9	4.0123	0.7962
		P8.9	P8.10	4.1941	0.8354
		P8.10	P8.11	4.3724	0.8760
		P8.11	P8.12	4.5350	0.9137
		P8.12	P6.10	4.5350	0.9137
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.1178	0.0246
		P9.2	P9.3	0.3226	0.0710
		P9.3	P9.4	0.4928	0.1104
		P9.4	P9.5	0.6307	0.1416

Tabela 14 – Comparação de caudais obtidos pelos diversos métodos

Arruamento	COL.	Caixa nº		Caudais para cada método de calculo (m ³ /s)	
		De	Para	Racional	SCS
Rua Emília das Neves	9	P9.5	P9.6	0.8086	0.1818
		P9.6	P9.7	0.9696	0.2194
		P9.7	P9.8	1.1199	0.2524
		P9.8	P12.1	1.2625	0.2844
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	16.0801	3.0659
		P10.2	P10.3	16.1433	3.0782
		P10.3	P12.1	16.1718	3.0838
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	5.0755	0.9844
		P11.2	P11.3	5.2728	1.0329
		P11.3	P11.4	5.3909	1.0591
		P11.4	P11.5	7.5233	1.4452
		P11.5	P11.6	7.6266	1.4698
		P11.6	P11.7	7.7001	1.4856
		P11.7	P11.8	7.7835	1.5030
		P11.8	P11.9	15.8436	3.0154
		P11.9	P11.10	15.9187	3.0311
		P11.10	P11.11	15.9807	3.0443
	12	P11.11	P10.1	16.0801	3.0659
		P12.1	P12.2	17.4773	3.3780
		P12.2	P12.3	17.4879	3.3805
		P12.3	CA	17.5086	3.3851

Da análise da Tabela 14 constatou-se que o método racional conduz a valores mais elevados de caudais na totalidade dos coletores, garantindo assim a segurança do sistema de drenagem de águas pluviais.

Nesse sentido, considera-se que o método racional como o mais adequado para o cálculo dos caudais de ponta.

6 Dimensionamento de coletores

6.1 Cálculo hidráulico

Antes do início dos cálculos é necessário definir qual a relação máxima admissível entre a altura útil do escoamento e o diâmetro da tubagem. O RGSPDADAR - Decreto Regulamentar n.º23/95 (Ministério das Obras Públicas, 1995), na alínea d) do ponto 1 do Artigo133.º refere que nos coletores unitários e separativos pluviais, a altura da lamina líquida para a velocidade máxima referida na alínea a) (5 m/s) deve ser igual à altura total, no entanto essa solução não é hidraulicamente mais eficiente, pois “para os tubos cilíndricos o caudal e velocidade média atingem o seu valor máximo quando o enchimento da secção for incompleta” (Kremenetski et al., 1989). De acordo com Quintela, 2002, embora o caudal máximo se verifique para o escoamento em secção cheia, o “dimensionamento de um canal de secção circular aceita-se como máximo da relação h/D o valor de 0.80. Não se deve aproveitar o acréscimo da capacidade de transporte que se verifica para h/D até 0.94 pois que instabilidades na superfície livre, que produzissem aumento local da altura líquida, implicariam redução da capacidade de transporte”. Para uma relação de h/D de 0,82, o caudal escoado iguala o caudal da secção cheia.

Mantendo o objetivo de um aproveitamento eficiente da capacidade de escoamento das tubagens considera-se a relação máxima entre altura do escoamento e o diâmetro da tubagem de 0.80, inferior ao valor de 0,82 a que corresponde o caudal máximo que é possível transportar num coletor.

6.1.1 Método de cálculo

Utilizando esta relação referida anteriormente entre h/D, calcula-se o diâmetro teórico da tubagem que garanta o escoamento do caudal através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q=K_s \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

De onde se deduz a seguinte expressão. :

$$D = \left(\frac{Q}{K_s(*) \left(\frac{A \times R^{\frac{2}{3}}}{D^{\frac{8}{3}}} \right) \times i^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (\text{m})$$

Onde:

Q – Caudal escoado (m³/s)

K_s – coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler (m^{1/3}/s)

A – secção do escoamento (m²)

R – raio hidráulico (m)

D – diâmetro da tubagem (m)

Sendo que a o valor de $\frac{A \times R^{\frac{2}{3}}}{D^{\frac{8}{3}}}$ pode ser obtido com recurso à tabela de “Grandezas geométricas adimensionais para secções circulares, em função de h/D” (Quintela, 2002).

O valor de K_s é igual a 110 m^{(1/3)/s⁽⁻¹⁾} (Marques et al., 2008) para tubagens em PVC corrugado, material definido para este caso específico e recomendado pela Câmara Municipal de Lisboa para as redes de drenagem pluvial. No entanto para projeto é adequado considerar um valor mais conservador, para deste modo prevenir qualquer eventual aumento de rugosidade motivado pelo desgaste do material provocado pelo arrasto de materiais sólidos ou por deficiência na manipulação e montagem das tubagens. Neste sentido adotou-se o valor de 100 m^{1/3/s⁻¹}, para o início dos cálculos, sendo que com o desenvolvimento do calculo da resistência estrutural das tubagens, determinada no Ponto 6.2, este valor teve de ser alterado em função do tipo de material que foi selecionado para que essa resistência fosse garantida.

A utilização da expressão anterior permite obter um diâmetro teórico, que apesar de não ter aplicabilidade prática, permite determinar qual o diâmetro a adotar, escolhendo o diâmetro comercial imediatamente superior.

O diâmetro mínimo definido no caso de o material ser PVC corrugado é de 315mm, valor adotado pela Camara Municipal de Lisboa e comercialmente disponível, apesar de no Artigo 134º do regulamento em vigor (RGSPDADAR, Decreto Regulamentar 23/95) estar referido que “O diâmetro nominal mínimo admitido nos coletores é de 200mm”.

Após obter uma informação inicial de qual o diâmetro comercial a adotar em cada troço de coletor pluvial, é necessário verificar que o escoamento na tubagem calculada garante a capacidade de auto-limpeza, com o cumprimento da velocidade de escoamento mínima prevista do RGSPDADAR, que refere que a “velocidade de escoamento para o caudal de ponta no início de exploração não deve ser inferior a 0,6 m/s para colectores domésticos e a 0,9 m/s para colectores unitários e separativos pluviais;”.

Para determinar a velocidade do escoamento é necessário conhecer as características geométricas do escoamento, para tal é necessário determinar o ângulo θ expresso em radianos

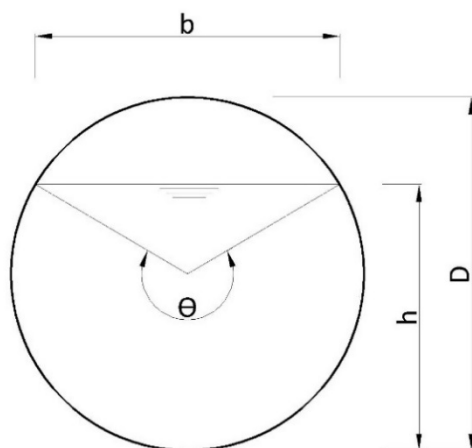


Figura 7 – Esquema de escoamento em secção circular

$$\theta = 2 \times \arccos (1 - 2 \times h/D) \text{ (rad)}$$

Para tal seria necessário proceder a uma série de iterações para cada troço de coletor, utilizando o seguinte sistema (Quintela, 2002):

$$\begin{cases} \Theta = \sin \Theta + \frac{8}{2^{0.4}} \times \left(\frac{Q}{K \times \sqrt{i}} \right)^{.06} \times D^{-1.6} \times \Theta^{0.4} \\ \Theta_{n+1} = \sin \Theta_n + \frac{8}{2^{0.4}} \times \left(\frac{Q}{K \times \sqrt{i}} \right)^{.06} \times D^{-1.6} \times \Theta_n^{0.4} \end{cases} \quad (\text{rad})$$

Arbitram-se valores iniciais de θ em radianos, e procedendo-se às iterações necessárias até se verificar a estabilidade do valor do ângulo ao centro.

Esta metodologia não foi utilizada em virtude de ser difícil garantir o cálculo final das iterações do valor do ângulo ao centro para todos os troços em simultâneo, tal como se verificou na tentativa efetuada, conduzindo a grande número de iterações em alguns troços

Nesse sentido foi utilizado um método de cálculo, tendo como princípio teórico a fórmula de Manning-Strickler, de modo a determinar o diâmetro de cálculo teórico, com a relação entre a altura de escoamento e o diâmetro de tubagem de 0.80, no entanto com a aplicação de diâmetros comerciais, esta relação foi alterada, tendo esta nova relação h/D sido considerada nos cálculos seguintes.

$$Q = K_s \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Esta fórmula permitiu calcular uma primeira aproximação do diâmetro teórico necessário para o escoamento, considerando uma relação de 0.80.

$$D = \left[\frac{Q}{\left(\frac{A \times R^{2/3}}{D^{8/3}} \right) \times K_s \times i^{1/2}} \right]^{3/8} \quad (\text{m})$$

Onde a grandeza:

$$\left(\frac{A \times R^{2/3}}{D^{8/3}} \right)$$

é obtida com recurso à Tabela 15 (Quintela, 2002):

Tabela 15 - Grandezas geométricas dimensionais para secções circulares em função de h/D

h/d	$AxR^{2/3}/D^{8/3}$	h/d	$AxR^{2/3}/D^{8/3}$
0.05	0.00150	0.55	0.18256
0.10	0.00651	0.60	0.20940
0.15	0.01515	0.65	0.23576
0.20	0.02729	0.70	0.26095
0.25	0.04270	0.75	0.28422
0.30	0.06104	0.80	0.30466
0.35	0.08195	0.85	0.32117
0.40	0.10503	0.90	0.33219
0.45	0.12983	0.94	0.33437
0.50	0.15584	0.95	0.33491
0.55	0.18256	1.00	0.31169

No entanto estes diâmetros obtidos são incompatíveis com os diâmetros comerciais que se encontram no mercado, e com os diâmetros considerados como adequados pela Câmara Municipal de Lisboa (valor mínimo de 0.315m). Procedeu-se à alteração do diâmetro pelo imediatamente superior. (Tabela 16).

Tabela 16 – Diâmetros para cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m ³ /s)	i _{coletor} (m/m)	$AxR^{2/3}/D^{8/3}$	D calc (m)	D comercial (m)
		De	Para					
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.283	0.05725	0.30466	0.296	0.315
		P1.2	P1.3	0.858	0.06163	0.30466	0.442	0.500
		P1.3	P1.4	1.229	0.04416	0.30466	0.539	0.600
		P1.4	P4.2	1.545	0.02267	0.30466	0.665	0.700
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.129	0.01512	0.30466	0.282	0.315
		P2.2	P2.3	0.474	0.05964	0.30466	0.356	0.400
		P2.3	P2.4	0.867	0.06614	0.30466	0.438	0.500
		P2.4	P4.5	1.072	0.00500	0.30466	0.770	0.800

Tabela 16 – Diâmetros para cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m ³ /s)	i _{coletor} (m/m)	AxR ^{2/3} /D ^{8/3}	D calc (m)	D comercial (m)
		De	Para					
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.070	0.01543	0.30466	0.224	0.315
		P3.2	P3.3	0.298	0.01667	0.30466	0.380	0.400
		P3.3	P3.4	0.470	0.00538	0.30466	0.557	0.600
		P3.4	P4.8	0.778	0.02014	0.30466	0.526	0.600
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.143	0.02204	0.30466	0.274	0.315
		P4.2	P4.3	1.689	0.00500	0.30466	0.913	1.000
		P4.3	P4.4	1.898	0.05101	0.30466	0.617	0.700
		P4.4	P4.5	2.055	0.09056	0.30466	0.571	0.600
		P4.5	P4.6	3.127	0.00500	0.30466	1.150	1.200
		P4.6	P4.7	3.537	0.06968	0.30466	0.735	0.800
		P4.7	P4.8	3.777	0.04684	0.30466	0.811	0.900
		P4.8	P4.9	4.555	0.00500	0.30466	1.324	1.400
		P4.9	P4.10	4.854	0.03687	0.30466	0.932	1.000
		P4.10	P11.1	5.076	0.05586	0.30466	0.877	0.900
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.073	0.02628	0.30466	0.206	0.315
		P5.2	P5.3	0.207	0.04349	0.30466	0.277	0.315
		P5.3	P5.4	0.370	0.09295	0.30466	0.299	0.315
		P5.4	P5.5	0.619	0.08204	0.30466	0.371	0.400
		P5.5	P5.6	0.946	0.06135	0.30466	0.459	0.500
		P5.6	P5.7	0.946	0.00500	0.30466	0.734	0.800
		P5.7	P5.8	1.360	0.06255	0.30466	0.524	0.600
		P5.8	P5.9	1.780	0.06227	0.30466	0.580	0.600
		P5.9	P11.5	2.132	0.03763	0.30466	0.682	0.700
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.157	0.08071	0.30466	0.222	0.315
		P6.2	P6.3	0.345	0.07285	0.30466	0.304	0.400
		P6.3	P6.4	0.532	0.08578	0.30466	0.347	0.400
		P6.4	P6.5	0.718	0.07511	0.30466	0.399	0.400
		P6.5	P6.6	0.908	0.07489	0.30466	0.435	0.500
		P6.6	P6.7	1.195	0.07512	0.30466	0.482	0.500
		P6.7	P6.8	1.425	0.04733	0.30466	0.562	0.600
		P6.8	P6.9	1.702	0.04430	0.30466	0.608	0.700
		P6.9	P6.10	1.942	0.04931	0.30466	0.626	0.700
		P6.10	P6.11	6.566	0.06523	0.30466	0.938	1.000
		P6.11	P6.12	6.934	0.07841	0.30466	0.925	1.000
		P6.12	P6.13	7.322	0.12571	0.30466	0.864	0.900
		P6.13	P6.14	7.322	0.00500	0.30466	1.582	1.600
		P6.14	P6.15	7.586	0.12091	0.30466	0.882	0.900
		P6.15	P6.16	7.884	0.10829	0.30466	0.914	1.000
		P6.16	P6.17	7.884	0.00500	0.30466	1.627	1.700
		P6.17	P11.8	8.060	0.08811	0.30466	0.958	1.000

Tabela 16 – Diâmetros para cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m ³ /s)	i _{coletor} (m/m)	AxR ^{2/3} /D ^{8/3}	D calc (m)	D comercial (m)
		De	Para					
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.106	0.11862	0.30466	0.178	0.315
		P7.2	P7.3	0.304	0.07686	0.30466	0.287	0.315
		P7.3	P8.5	0.304	0.00500	0.30466	0.480	0.500
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.336	0.00888	0.30466	0.447	0.500
		P8.2	P8.3	0.910	0.03162	0.30466	0.512	0.600
		P8.3	P8.4	1.563	0.03802	0.30466	0.606	0.700
		P8.4	P8.5	2.126	0.04307	0.30466	0.664	0.700
		P8.5	P8.6	2.931	0.03523	0.30466	0.778	0.800
		P8.6	P8.7	3.394	0.02700	0.30466	0.864	0.900
		P8.7	P8.8	3.848	0.03319	0.30466	0.872	0.900
		P8.8	P8.9	4.012	0.00511	0.30466	1.258	1.300
		P8.9	P8.10	4.194	0.00970	0.30466	1.134	1.200
		P8.10	P8.11	4.372	0.00703	0.30466	1.223	1.300
		P8.11	P8.12	4.535	0.00575	0.30466	1.288	1.300
P8.12	P6.10	4.535	0.00500	0.30466	1.322	1.400		
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.118	0.00500	0.30466	0.336	0.400
		P9.2	P9.3	0.323	0.00542	0.30466	0.483	0.500
		P9.3	P9.4	0.493	0.00500	0.30466	0.575	0.600
		P9.4	P9.5	0.631	0.00500	0.30466	0.631	0.700
		P9.5	P9.6	0.809	0.00500	0.30466	0.693	0.700
		P9.6	P9.7	0.970	0.00500	0.30466	0.741	0.800
		P9.7	P9.8	1.120	0.00500	0.30466	0.782	0.800
		P9.8	P12.1	1.262	0.00500	0.30466	0.818	0.900
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	16.080	0.00500	0.30466	2.125	2.200
		P10.2	P10.3	16.143	0.00565	0.30466	2.080	2.100
		P10.3	P12.1	16.172	0.00545	0.30466	2.096	2.100
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	5.076	0.00500	0.30466	1.379	1.400
		P11.2	P11.3	5.273	0.00500	0.30466	1.399	1.400
		P11.3	P11.4	5.391	0.00701	0.30466	1.324	1.400
		P11.4	P11.5	7.523	0.00500	0.30466	1.598	1.600
		P11.5	P11.6	7.627	0.00500	0.30466	1.607	1.700
		P11.6	P11.7	7.700	0.00500	0.30466	1.612	1.700
		P11.7	P11.8	7.784	0.00514	0.30466	1.610	1.700
		P11.8	P11.9	15.844	0.00500	0.30466	2.113	2.200
		P11.9	P11.10	15.919	0.00500	0.30466	2.117	2.200
		P11.10	P11.11	15.981	0.00500	0.30466	2.120	2.200
		P11.11	P10.1	16.080	0.00530	0.30466	2.102	2.200
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	17.477	0.00500	0.30466	2.193	2.200
		P12.2	P12.3	17.488	0.00500	0.30466	2.193	2.200
		P12.3	CA	17.509	0.00500	0.30466	2.194	2.200

De acordo com a Tabela anterior, os diâmetros obtidos variaram entre 315 mm e os 2200 mm.

Foram então calculadas as características do escoamento com recurso à fórmula de Manning-Strickler, e à expressão:

$$V_D = \frac{Q_d}{\frac{\pi \times D^2}{4}} \quad (\text{m/s})$$

Com o cálculo do valor de Q_h/Q_D , torna-se possível determinar a real relação entre a altura do escoamento e o diâmetro da tubagem, e consequentemente relação entre V_h e V_d utilizando para tal a Tabela 17 (Lencastre, 1996).

Tabela 17 - Relação entre o caudal, velocidade e altura de escoamento entre a secção cheia e secção parcialmente cheia numa tubagem circular

h/d	Q_h/Q_D	V_h/V_D	h/D	Q_h/Q_D	V_h/V_D
0.025	0.0010	0.159	0.400	0.3377	0.904
0.050	0.0048	0.259	0.450	0.4179	0.957
0.075	0.0112	0.332	0.500	0.5000	1.000
0.100	0.0208	0.403	0.550	0.5866	1.040
0.125	0.0334	0.463	0.600	0.6725	1.073
0.150	0.0484	0.516	0.650	0.7559	1.098
0.175	0.0667	0.567	0.700	0.8380	1.121
0.200	0.0879	0.617	0.750	0.9121	1.134
0.225	0.1113	0.660	0.775	0.9471	1.139
0.250	0.1369	0.700	0.800	0.9763	1.139
0.300	0.1960	0.776	0.825	1.0051	1.139
0.350	0.2633	0.844	0.850	1.0314	1.139

Obtiveram-se os resultados representados na Tabela 18, onde se assinalam os troços cuja velocidade não respeita o valor máximo regulamentar. A respetiva correção é apresentada na Tabela 19.

Tabela 18 – Verificação da velocidade de escoamento e da relação h/D em cada um dos troços dos coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		I _{coletor} (m/m)	Q _h (m ³ /s)	Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para							
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.05725	0.283	0.343	4.396	0.825	0.69	4.912
		P1.2	P1.3	0.06163	0.858	1.219	6.206	0.704	0.62	6.719
		P1.3	P1.4	0.04416	1.229	1.677	5.932	0.733	0.64	6.472
		P1.4	P4.2	0.02267	1.545	1.813	4.711	0.852	0.71	5.292
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.01512	0.129	0.176	2.259	0.730	0.63	2.464
		P2.2	P2.3	0.05964	0.474	0.661	5.261	0.717	0.63	5.716
		P2.3	P2.4	0.06614	0.867	1.262	6.429	0.687	0.61	6.927
		P2.4	P4.5	0.00500	1.072	1.216	2.418	0.882	0.73	2.730
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.01543	0.070	0.178	2.282	0.393	0.43	2.147
		P3.2	P3.3	0.01667	0.298	0.350	2.781	0.854	0.71	3.126
		P3.3	P3.4	0.00538	0.470	0.585	2.071	0.803	0.68	2.301
		P3.4	P4.8	0.02014	0.778	1.133	4.006	0.687	0.61	4.316
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.02204	0.143	0.213	2.727	0.674	0.60	2.928
		P4.2	P4.3	0.00500	1.689	2.204	2.806	0.766	0.66	3.089
		P4.3	P4.4	0.05101	1.898	2.719	7.066	0.698	0.62	7.636
		P4.4	P4.5	0.09056	2.055	2.402	8.495	0.856	0.71	9.550
		P4.5	P4.6	0.00500	3.127	3.584	3.169	0.873	0.72	3.572
		P4.6	P4.7	0.06968	3.537	4.538	9.028	0.779	0.66	9.972
		P4.7	P4.8	0.04684	3.777	5.093	8.006	0.742	0.64	8.756
		P4.8	P4.9	0.00500	4.555	5.406	3.512	0.843	0.70	3.940
		P4.9	P4.10	0.03687	4.854	5.984	7.620	0.811	0.68	8.484
		P4.10	P11.1	0.05586	5.076	5.562	8.743	0.912	0.75	9.916
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.02628	0.073	0.232	2.979	0.314	0.38	2.635
		P5.2	P5.3	0.04349	0.207	0.299	3.831	0.692	0.61	4.134
		P5.3	P5.4	0.09295	0.370	0.437	5.601	0.847	0.71	6.288
		P5.4	P5.5	0.08204	0.619	0.775	6.171	0.798	0.68	6.848
		P5.5	P5.6	0.06135	0.946	1.216	6.192	0.778	0.66	6.837
		P5.6	P5.7	0.00500	0.946	1.216	2.418	0.778	0.66	2.670
		P5.7	P5.8	0.06255	1.360	1.996	7.061	0.681	0.61	7.595
		P5.8	P5.9	0.06227	1.780	1.992	7.045	0.894	0.74	7.966
		P5.9	P11.5	0.03763	2.132	2.336	6.069	0.913	0.75	6.883
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.08071	0.157	0.407	5.219	0.385	0.43	4.882
		P6.2	P6.3	0.07285	0.345	0.731	5.815	0.472	0.48	5.730
		P6.3	P6.4	0.08578	0.532	0.793	6.310	0.671	0.60	6.766
		P6.4	P6.5	0.07511	0.718	0.742	5.904	0.968	0.79	6.725
		P6.5	P6.6	0.07489	0.908	1.343	6.842	0.676	0.60	7.347
		P6.6	P6.7	0.07512	1.195	1.345	6.852	0.888	0.73	7.741
		P6.7	P6.8	0.04733	1.425	1.737	6.142	0.820	0.69	6.855
		P6.8	P6.9	0.04430	1.702	2.534	6.585	0.671	0.60	7.063
		P6.9	P6.10	0.04931	1.942	2.674	6.947	0.726	0.63	7.566

Tabela 18 – Verificação da velocidade de escoamento e da relação h/D em cada um dos troços dos coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		I _{coletor} (m/m)	Q _h (m ³ /s)	Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para							
Calçada do Tojal	6	P6.10	P6.11	0.06523	6.566	7.960	10.135	0.825	0.69	11.324
		P6.11	P6.12	0.07841	6.934	8.728	11.112	0.794	0.67	12.321
		P6.12	P6.13	0.12571	7.322	8.344	13.116	0.878	0.73	14.794
		P6.13	P6.14	0.00500	7.322	7.718	3.839	0.949	0.78	4.372
		P6.14	P6.15	0.12091	7.586	8.183	12.863	0.927	0.76	14.614
		P6.15	P6.16	0.10829	7.884	10.257	13.059	0.769	0.66	14.386
		P6.16	P6.17	0.00500	7.884	9.073	3.997	0.869	0.72	4.502
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.11862	0.106	0.493	6.328	0.215	0.31	5.029
		P7.2	P7.3	0.07686	0.304	0.397	5.093	0.765	0.66	5.606
		P7.3	P8.5	0.00500	0.304	0.347	1.768	0.875	0.73	1.993
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.00888	0.336	0.463	2.356	0.727	0.63	2.566
		P8.2	P8.3	0.03162	0.910	1.419	5.020	0.641	0.58	5.326
		P8.3	P8.4	0.03802	1.563	2.348	6.100	0.666	0.60	6.530
		P8.4	P8.5	0.04307	2.126	2.499	6.493	0.851	0.71	7.294
		P8.5	P8.6	0.03523	2.931	3.227	6.419	0.908	0.75	7.276
		P8.6	P8.7	0.02700	3.394	3.867	6.079	0.878	0.73	6.857
		P8.7	P8.8	0.03319	3.848	4.288	6.740	0.897	0.74	7.625
		P8.8	P8.9	0.00511	4.012	4.485	3.379	0.895	0.74	3.821
		P8.9	P8.10	0.00970	4.194	4.991	4.413	0.840	0.70	4.949
		P8.10	P8.11	0.00703	4.372	5.262	3.965	0.831	0.70	4.437
		P8.11	P8.12	0.00575	4.535	4.758	3.585	0.953	0.78	4.083
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.00500	0.118	0.191	1.523	0.615	0.57	1.601
		P9.2	P9.3	0.00542	0.323	0.361	1.840	0.893	0.74	2.080
		P9.3	P9.4	0.00500	0.493	0.564	1.996	0.873	0.72	2.250
		P9.4	P9.5	0.00500	0.631	0.851	2.212	0.741	0.64	2.419
		P9.5	P9.6	0.00500	0.809	0.851	2.212	0.950	0.78	2.520
		P9.6	P9.7	0.00500	0.970	1.216	2.418	0.798	0.68	2.684
		P9.7	P9.8	0.00500	1.120	1.216	2.418	0.921	0.76	2.745
		P9.8	P12.1	0.00500	1.262	1.664	2.616	0.759	0.65	2.874
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	0.00500	16.080	18.044	4.747	0.891	0.74	5.365
		P10.2	P10.3	0.00565	16.143	16.944	4.892	0.953	0.78	5.572
		P10.3	P12.1	0.00545	16.172	16.635	4.803	0.972	0.80	5.470
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	0.00500	5.076	5.406	3.512	0.939	0.77	3.996
		P11.2	P11.3	0.00500	5.273	5.406	3.512	0.975	0.80	4.000
		P11.3	P11.4	0.00701	5.391	6.401	4.158	0.842	0.70	4.664
		P11.4	P11.5	0.00500	7.523	7.718	3.839	0.975	0.80	4.372
		P11.5	P11.6	0.00500	7.627	9.073	3.997	0.841	0.70	4.483
		P11.6	P11.7	0.00500	7.700	9.073	3.997	0.849	0.71	4.488

Tabela 18 – Verificação da velocidade de escoamento e da relação h/D em cada um dos troços dos coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		I _{coletor} (m/m)	Q _h (m ³ /s)	Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para							
Estrada de Benfica	11	P11.7	P11.8	0.00514	7.784	9.200	4.053	0.846	0.71	4.549
		P11.8	P11.9	0.00500	15.844	18.044	4.747	0.878	0.73	5.354
		P11.9	P11.10	0.00500	15.919	18.044	4.747	0.882	0.73	5.358
		P11.10	P11.11	0.00500	15.981	18.044	4.747	0.886	0.73	5.361
		P11.11	P10.1	0.00530	16.080	18.577	4.887	0.866	0.72	5.502
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	0.00500	17.477	18.044	4.747	0.969	0.79	5.407
		P12.2	P12.3	0.00500	17.488	18.044	4.747	0.969	0.79	5.407
		P12.3	CA	0.00500	17.509	18.044	4.747	0.970	0.79	5.407

Da análise destes dados, verificou-se que alguns dos troços apresentavam uma velocidade superior à prevista no regulamento em vigor, na alínea d) do ponto 1 do Artigo 133.º que considera uma velocidade máxima de 5m/s, conforme referido no Capítulo 6.1.

Para que toda a rede possa apresentar um escoamento compatível com este regulamento tornou-se necessário introduzir alterações que passam pela alteração da inclinação dos troços de coletor, por tentativas de aproximação até a velocidade apresentar o valor desejado (Tabela 19). Esta operação não foi possível em alguns dos troços por estes já terem a inclinação mínima admissível de 0.5%, no entanto constatou-se que nestes troços, a velocidade de escoamento não se afastava muito dos 5 m/s regulamentares, nem chegando em nenhum dos troços aos 6 m/s, pelo que se considerou desnecessário proceder a outras alterações que abrandassem este escoamento.

6.1.2 Definição dos diâmetros dos coletores a adotar e verificação das velocidades

Na Tabela 19 replicam-se dados das tabelas apresentadas no Capítulo 6.1.1, com as correções necessárias, estando identificadas com cor de preenchimento as inclinações que foram alteradas. Estão também identificados os diâmetros alterados de modo a garantir que não ocorre uma diminuição de secção ao longo de um coletor. O coeficiente de Strickler considerado refere-se ao material das condutas, que foi

selecionado após os cálculos da resistência ao esmagamento que se apresentam na secção 6.2.

Neste cálculo já foi considerado o valor de K_s alterado de acordo com o material aplicado.

Tabela 19 – Diâmetros corrigidos para cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m ³ /s)	I _{adotada} (m/m)	K _s Corr.	AxR ^{2/3} /D ^{8/3}	D calc (m)	D comerc. (m)
		De	Para						
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.283	0.057	75	0.30466	0.329	0.400
		P1.2	P1.3	0.858	0.049	75	0.30466	0.514	0.600
		P1.3	P1.4	1.229	0.039	75	0.30466	0.614	0.700
		P1.4	P4.2	1.545	0.023	75	0.30466	0.741	0.800
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.129	0.015	75	0.30466	0.315	0.400
		P2.2	P2.3	0.474	0.060	75	0.30466	0.397	0.400
		P2.3	P2.4	0.867	0.049	75	0.30466	0.516	0.600
		P2.4	P4.5	1.072	0.005	75	0.30466	0.857	0.900
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.070	0.015	75	0.30466	0.249	0.315
		P3.2	P3.3	0.298	0.017	75	0.30466	0.423	0.500
		P3.3	P3.4	0.470	0.005	75	0.30466	0.621	0.700
		P3.4	P4.8	0.778	0.020	75	0.30466	0.586	0.700
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.143	0.022	75	0.30466	0.305	0.400
		P4.2	P4.3	1.689	0.005	75	0.30466	1.017	1.100
		P4.3	P4.4	1.898	0.029	75	0.30466	0.764	1.100
		P4.4	P4.5	2.055	0.027	75	0.30466	0.798	1.100
		P4.5	P4.6	3.127	0.005	75	0.30466	1.281	1.300
		P4.6	P4.7	3.537	0.019	75	0.30466	1.044	1.300
		P4.7	P4.8	3.777	0.018	75	0.30466	1.081	1.300
		P4.8	P4.9	4.555	0.005	75	0.30466	1.475	1.500
		P4.9	P4.10	4.854	0.015	75	0.30466	1.229	1.500
		P4.10	P11.1	5.076	0.015	75	0.30466	1.250	1.500
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.073	0.026	75	0.30466	0.229	0.315
		P5.2	P5.3	0.207	0.043	75	0.30466	0.308	0.400
		P5.3	P5.4	0.370	0.086	75	0.30466	0.337	0.400
		P5.4	P5.5	0.619	0.061	75	0.30466	0.437	0.500
		P5.5	P5.6	0.946	0.046	75	0.30466	0.540	0.600
		P5.6	P5.7	0.946	0.005	75	0.30466	0.818	0.900
		P5.7	P5.8	1.360	0.036	75	0.30466	0.647	0.900
		P5.8	P5.9	1.780	0.030	75	0.30466	0.741	0.900
		P5.9	P11.5	2.132	0.027	75	0.30466	0.809	0.900

Tabela 19 – Diâmetros corrigidos para cada trecho

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m3/s)	I _{adotada} (m/m)	K _s Corr.	AxR ^{2/3} /D ^{8/3}	D calc (m)	D comerc. (m)
		De	Para						
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.157	0.081	75	0.30466	0.247	0.315
		P6.2	P6.3	0.345	0.073	75	0.30466	0.339	0.400
		P6.3	P6.4	0.532	0.067	75	0.30466	0.405	0.500
		P6.4	P6.5	0.718	0.057	75	0.30466	0.468	0.500
		P6.5	P6.6	0.908	0.047	75	0.30466	0.529	0.600
		P6.6	P6.7	1.195	0.039	75	0.30466	0.608	0.700
		P6.7	P6.8	1.425	0.036	75	0.30466	0.659	0.700
		P6.8	P6.9	1.702	0.031	75	0.30466	0.724	0.800
		P6.9	P6.10	1.942	0.029	75	0.30466	0.771	0.800
		P6.10	P6.11	6.566	0.013	75	0.30466	1.414	1.500
		P6.11	P6.12	6.934	0.012	75	0.30466	1.465	1.500
		P6.12	P6.13	7.322	0.012	75	0.30466	1.496	1.500
		P6.13	P6.14	7.322	0.005	75	0.30466	1.762	1.800
		P6.14	P6.15	7.586	0.011	75	0.30466	1.540	1.800
		P6.15	P6.16	7.884	0.011	75	0.30466	1.563	1.800
		P6.16	P6.17	7.884	0.005	75	0.30466	1.812	1.900
		P6.16	P11.8	8.060	0.011	75	0.30466	1.576	1.900
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.106	0.110	100	0.30466	0.181	0.315
		P7.2	P7.3	0.304	0.055	100	0.30466	0.306	0.400
		P7.3	P8.5	0.304	0.005	100	0.30466	0.480	0.500
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.336	0.009	75	0.30466	0.498	0.500
		P8.2	P8.3	0.910	0.032	75	0.30466	0.571	0.600
		P8.3	P8.4	1.563	0.035	75	0.30466	0.686	0.700
		P8.4	P8.5	2.126	0.027	75	0.30466	0.808	0.900
		P8.5	P8.6	2.931	0.022	75	0.30466	0.947	1.000
		P8.6	P8.7	3.394	0.020	75	0.30466	1.019	1.100
		P8.7	P8.8	3.848	0.019	75	0.30466	1.078	1.100
		P8.8	P8.9	4.012	0.005	75	0.30466	1.401	1.500
		P8.9	P8.10	4.194	0.010	75	0.30466	1.263	1.500
		P8.10	P8.11	4.372	0.007	75	0.30466	1.362	1.500
		P8.11	P8.12	4.535	0.006	75	0.30466	1.434	1.500
		P8.12	P6.10	4.535	0.005	75	0.30466	1.473	1.500
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.118	0.005	75	0.30466	0.375	0.400
		P9.2	P9.3	0.323	0.005	75	0.30466	0.538	0.600
		P9.3	P9.4	0.493	0.005	75	0.30466	0.641	0.700
		P9.4	P9.5	0.631	0.005	75	0.30466	0.703	0.800
		P9.5	P9.6	0.809	0.005	75	0.30466	0.771	0.800
		P9.6	P9.7	0.970	0.005	75	0.30466	0.826	0.900
		P9.7	P9.8	1.120	0.005	75	0.30466	0.872	0.900
		P9.8	P12.1	1.262	0.005	75	0.30466	0.912	1.000

Tabela 19 – Diâmetros corrigidos para cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q (m ³ /s)	I _{adotada} (m/m)	K _s Corr.	AxR ^{2/3} /D ^{8/3}	D calc (m)	D comerc. (m)
		De	Para						
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	16.080	0.005	75	0.30466	2.367	2.400
		P10.2	P10.3	16.143	0.006	75	0.30466	2.317	2.400
		P10.3	P12.1	16.172	0.005	75	0.30466	2.334	2.400
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	5.076	0.005	75	0.30466	1.536	1.600
		P11.2	P11.3	5.273	0.005	75	0.30466	1.558	1.600
		P11.3	P11.4	5.391	0.007	75	0.30466	1.475	1.600
		P11.4	P11.5	7.523	0.005	75	0.30466	1.780	1.800
		P11.5	P11.6	7.627	0.005	75	0.30466	1.790	1.800
		P11.6	P11.7	7.700	0.005	75	0.30466	1.796	1.800
		P11.7	P11.8	7.784	0.005	75	0.30466	1.794	1.800
		P11.8	P11.9	15.844	0.005	75	0.30466	2.354	2.400
		P11.9	P11.10	15.919	0.005	75	0.30466	2.358	2.400
		P11.10	P11.11	15.981	0.005	75	0.30466	2.362	2.400
		P11.11	P10.1	16.080	0.005	75	0.30466	2.341	2.400
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	17.477	0.005	75	0.30466	2.442	2.500
		P12.2	P12.3	17.488	0.005	75	0.30466	2.443	2.500
		P12.3	CA	17.509	0.005	75	0.30466	2.444	2.500

Na Tabela 20 apresentam-se os valores corrigidos das velocidades de escoamento, de acordo com as alterações da Tabela 19.

Tabela 20 – Verificação corrigida da velocidade de escoamento em cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para					
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.48586	3.866	0.58184	0.55	4.012
		P1.2	P1.3	1.32519	4.687	0.64771	0.59	4.984
		P1.3	P1.4	1.78336	4.634	0.68910	0.61	4.995
		P1.4	P4.2	1.94118	3.862	0.79606	0.67	4.284
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.24971	1.987	0.51496	0.51	2.001
		P2.2	P2.3	0.49587	3.946	0.95636	0.78	4.495
		P2.3	P2.4	1.32519	4.687	0.65454	0.59	4.997
		P2.4	P4.5	1.24808	1.962	0.85911	0.71	2.207
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.13339	1.712	0.52465	0.51	1.731
		P3.2	P3.3	0.47529	2.421	0.62770	0.57	2.556
		P3.3	P3.4	0.66235	1.721	0.70988	0.62	1.866
		P3.4	P4.8	1.28151	3.330	0.60713	0.56	3.489

Tabela 20 – Verificação corrigida da velocidade de escoamento em cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para					
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.30142	2.399	0.47516	0.48	2.367
		P4.2	P4.3	2.13129	2.243	0.79225	0.67	2.485
		P4.3	P4.4	5.13284	5.401	0.36972	0.42	4.997
		P4.4	P4.5	4.95268	5.212	0.41496	0.45	4.977
		P4.5	P4.6	3.32745	2.507	0.93989	0.77	2.853
		P4.6	P4.7	6.48640	4.887	0.54529	0.53	4.989
		P4.7	P4.8	6.31340	4.756	0.59823	0.56	4.968
		P4.8	P4.9	4.87348	2.758	0.93462	0.77	3.136
		P4.9	P4.10	8.44112	4.777	0.57501	0.54	4.942
		P4.10	P11.1	8.44112	4.777	0.60128	0.56	4.995
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.17410	2.234	0.41830	0.45	2.138
		P5.2	P5.3	0.42343	3.370	0.48817	0.49	3.349
		P5.3	P5.4	0.59546	4.739	0.62082	0.57	4.990
		P5.4	P5.5	0.90928	4.631	0.68051	0.60	4.980
		P5.5	P5.6	1.28399	4.541	0.73648	0.64	4.960
		P5.6	P5.7	1.24808	1.962	0.75767	0.65	2.155
		P5.7	P5.8	3.34895	5.264	0.40612	0.44	4.997
		P5.8	P5.9	3.05716	4.806	0.58230	0.55	4.988
		P5.9	P11.5	2.90028	4.559	0.73522	0.64	4.977
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.30506	3.915	0.51364	0.51	3.939
		P6.2	P6.3	0.54804	4.361	0.62934	0.57	4.607
		P6.3	P6.4	0.95295	4.853	0.55811	0.53	4.984
		P6.4	P6.5	0.87896	4.477	0.81711	0.69	4.992
		P6.5	P6.6	1.29787	4.590	0.69932	0.62	4.962
		P6.6	P6.7	1.78336	4.634	0.66988	0.60	4.968
		P6.7	P6.8	1.71339	4.452	0.83158	0.70	4.983
		P6.8	P6.9	2.27003	4.516	0.74958	0.65	4.950
		P6.9	P6.10	2.19558	4.368	0.88433	0.73	4.932
		P6.10	P6.11	7.85826	4.447	0.83551	0.70	4.982
		P6.11	P6.12	7.54997	4.272	0.91835	0.75	4.849
		P6.12	P6.13	7.54997	4.272	0.96984	0.79	4.866
		P6.13	P6.14	7.92482	3.114	0.92397	0.76	3.537
		P6.14	P6.15	11.75441	4.619	0.64533	0.58	4.908
		P6.15	P6.16	11.75441	4.619	0.67074	0.60	4.953
		P6.16	P6.17	9.15389	3.229	0.86129	0.72	3.632
		P6.17	P11.8	13.57742	4.789	0.59364	0.55	4.993
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.47487	6.093	0.22276	0.32	4.893
		P7.2	P7.3	0.63493	5.053	0.47852	0.49	4.996
		P7.3	P8.5	0.34710	1.768	0.87532	0.73	1.993

Tabela 20 – Verificação corrigida da velocidade de escoamento em cada troço

Arruamento	COL.	Caixa nº		Q _d (m ³ /s)	V _d (m/s)	Q _h /Q _d	h/d real	V _h (m/s)
		De	Para					
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.34699	1.767	0.96872	0.79	2.013
		P8.2	P8.3	1.06458	3.765	0.85503	0.71	4.232
		P8.3	P8.4	1.68943	4.390	0.92523	0.76	4.986
		P8.4	P8.5	2.90028	4.559	0.73300	0.64	4.974
		P8.5	P8.6	3.46728	4.415	0.84543	0.71	4.955
		P8.6	P8.7	4.26259	4.485	0.79617	0.67	4.976
		P8.7	P8.8	4.15466	4.372	0.92611	0.76	4.966
		P8.8	P8.9	4.92655	2.788	0.81442	0.69	3.107
		P8.9	P8.10	6.78698	3.841	0.61796	0.57	4.041
		P8.10	P8.11	5.78063	3.271	0.75639	0.65	3.592
		P8.11	P8.12	5.22674	2.958	0.86765	0.72	3.331
		P8.12	P6.10	4.87348	2.758	0.93054	0.76	3.135
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.14358	1.143	0.82065	0.69	1.275
		P9.2	P9.3	0.44057	1.558	0.73213	0.64	1.700
		P9.3	P9.4	0.63854	1.659	0.77179	0.66	1.829
		P9.4	P9.5	0.91167	1.814	0.69177	0.61	1.957
		P9.5	P9.6	0.91167	1.814	0.88700	0.73	2.049
		P9.6	P9.7	1.24808	1.962	0.77690	0.66	2.166
		P9.7	P9.8	1.24808	1.962	0.89728	0.74	2.220
		P9.8	P12.1	1.65296	2.105	0.76377	0.65	2.316
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	17.06709	3.773	0.94217	0.77	4.294
		P10.2	P10.3	18.14318	4.011	0.88977	0.73	4.532
		P10.3	P12.1	17.81304	3.938	0.90786	0.75	4.462
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	5.78872	2.879	0.87679	0.73	3.247
		P11.2	P11.3	5.78872	2.879	0.91087	0.75	3.264
		P11.3	P11.4	6.85364	3.409	0.78658	0.67	3.772
		P11.4	P11.5	7.92482	3.114	0.94933	0.78	3.547
		P11.5	P11.6	7.92482	3.114	0.96236	0.79	3.547
		P11.6	P11.7	7.92482	3.114	0.97164	0.80	3.547
		P11.7	P11.8	8.03576	3.158	0.96861	0.79	3.597
		P11.8	P11.9	17.06709	3.773	0.92831	0.76	4.287
		P11.9	P11.10	17.06709	3.773	0.93271	0.76	4.289
		P11.10	P11.11	17.06709	3.773	0.93635	0.77	4.291
		P11.11	P10.1	17.57149	3.884	0.91513	0.75	4.406
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	19.02989	3.877	0.91841	0.75	4.400
		P12.2	P12.3	19.02989	3.877	0.91897	0.75	4.400
		P12.3	CA	19.02989	3.877	0.92006	0.76	4.401

Os valores obtidos com os cálculos referidos na seção 6.1, e representados na Tabela 19 e na Tabela 20, permitem a determinação rigorosa de quais as tubagens a utilizar em cada trecho dos coletores, tanto em termos dimensionais como nas características da sua implantação. Estas duas tabelas foram corrigidas na seção 6.2 após os cálculos necessários para a determinação da resistência estrutural das tubagens, com a alteração do material.

6.2 Verificação da resistência estrutural dos coletores

Segundo o Regulamento em vigor, é necessário garantir que as tubagens tenham uma capacidade de resistência ao esmagamento que iguale ou exceda as cargas que lhes são impostas pelo peso próprio do terreno e pelas sobrecargas rolantes ou fixas.

Este comportamento é dependente das características estruturais das tubagens e das cargas estáticas e dinâmicas atuantes, sendo as estáticas devidas aos terrenos de aterro e estruturas de pavimento sobre a tubagem, e as dinâmicas devidas ao peso dos veículos circulantes. Os esforços devidos a essas cargas deverão ser inferiores à capacidade de resistência ao esmagamento do coletor.

A carga total exercida sobre o extradorso de um coletor é determinada por:

$$W=W_c+W_L \quad (\text{kN/m})$$

Onde:

W_c – carga exercida pelo terreno (kN/m)

W_L – carga produzida pelos veículos que circulam à superfície (kN/m)

6.2.1 Determinação das cargas estáticas devidas ao peso do terreno

De modo a serem determinadas as cargas estáticas devido ao peso dos solos, conforme Figura 8 (Correia et al., 2004), foi utilizada a teoria de Marston.

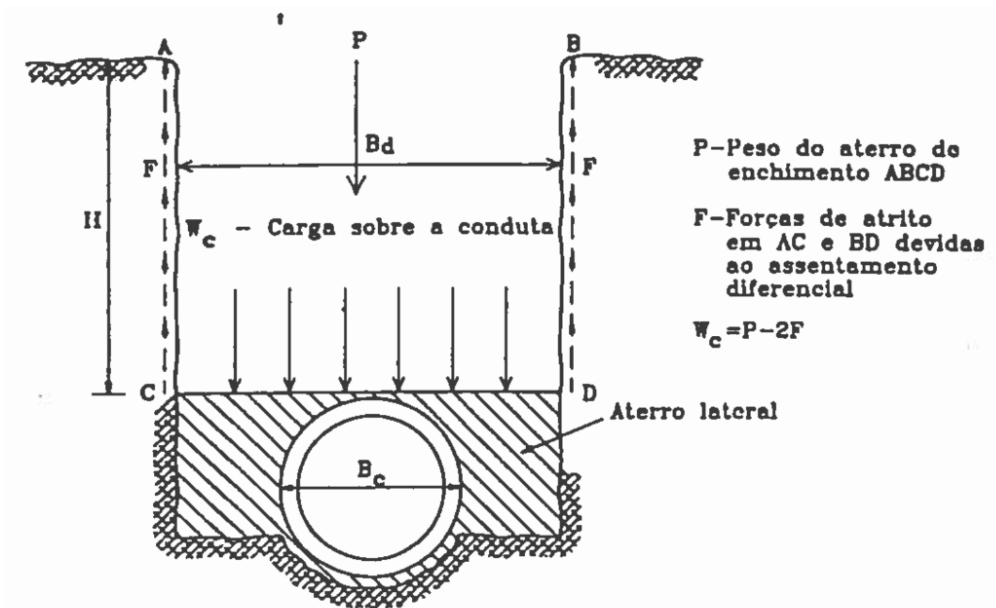


Figura 8 – Forças que influenciam a carga sobre o coletor

Foram consideradas como rígidas a totalidade das tubagens propostas, não só as consideradas como rígidas pelo Anexo XXIII do RGSPDADAR grês e betão, mas também as tubagens em PVC que por serem corrugados apresentam um comportamento mecânico semelhante.

O assentamento destas tubagens será em vala de secção retangular, devidamente entivada, de modo a garantir o menor impacto possível nos circuitos pedonais e rodoviários.

A primeira componente referente à carga exercida pelo terreno é, por se estar perante uma situação de coletor rígido assente em vala, determinado pela expressão:

$$W_c = C_d \times \gamma_s \times B_d^2 \quad (\text{kN/m})$$

Onde:

C_d – coeficiente de carga

γ_s – peso volúmico do solo (kN/m^3)

B_d – largura da vala ao nível do extradorso da tubagem (m)

Os coeficientes C_d estão referidos na Tabela 21 (Correia et al., 2004).

Tabela 21 - Valores de C_d

H/Bd	Areia e solo incoerente húmido	Solo incoerente saturado	Argila húmida	Argila Saturada
0.50	0.46	0.46	0.47	0.47
1.00	0.85	0.86	0.88	0.90
1.50	1.18	1.21	1.24	1.28
2.00	1.46	1.50	1.56	1.62
2.50	1.70	1.76	1.84	1.92
3.00	1.90	1.98	2.08	2.20
3.50	2.08	2.17	2.30	2.44
4.00	2.22	2.33	2.49	2.66
4.50	2.34	2.47	2.65	2.87
5.00	2.45	2.59	2.80	3.03
5.50	2.54	2.69	2.93	3.19
6.00	2.64	2.78	3.04	3.33
6.50	2.68	2.86	3.14	3.46
7.00	2.73	2.93	3.22	3.57
7.50	2.78	2.93	3.30	3.67
8.00	2.81	3.03	3.37	3.76
8.50	2.85	3.07	3.42	3.85
9.00	2.88	3.11	3.48	3.92
9.50	2.90	3.14	3.52	3.98
10.00	2.92	3.17	3.56	4.04
11.00	2.95	3.21	3.63	4.14
12.00	2.97	3.24	3.68	4.22
13.00	2.99	3.27	3.72	4.29
14.00	3.00	3.28	3.75	4.34
15.00	3.01	3.30	3.77	4.38

Neste caso foi considerado que a totalidade dos solos são argila saturada.

De acordo com o regulamento em vigor (Artigo 26.º), a largura da vala é dada em função diâmetro da tubagem, sendo:

$$\begin{cases} L=D_e+0.50 & \text{se } D_e \leq 0.50 \text{ m} \\ L=D_e+0.70 & \text{se } D_e > 0.50 \text{ m} \end{cases}$$

Onde:

D_e – diâmetro exterior do coletor (m)

6.2.2 Cargas provocadas por veículos à superfície do terreno

Para além das cargas exercida sobre um coletor devido ao peso do terreno, também os veículos que circulam à superfície provocam forças que podem ser determinadas com recurso ao método proposto pela AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials) (Correia et al., 2004).

Ao contrário da carga exercida pelo peso do solo, que é dependente da profundidade e do peso específico do solo, a carga provocada pelos veículos depende do tipo de veiculo e sua geometria, bem como do eventual cruzamento de dois veículos pesados, conforme representado na Figura 9 (Correia et al., 2004).

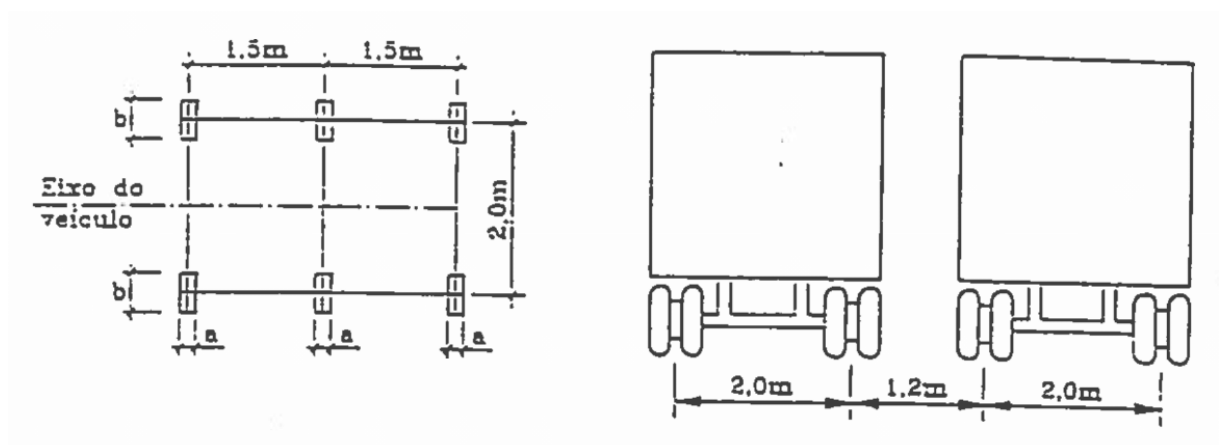


Figura 9 – Planta do veiculo-tipo e cruzamento de veículos para efeitos do cálculo de cargas

De acordo com o método da AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials), as ações à superfície degradam-se em profundidade H numa área ALL, tal como se representa na Figura 10 (Marques et al., 2013).

O método seguido foi o método da AASHTO adaptado às condições portuguesas.

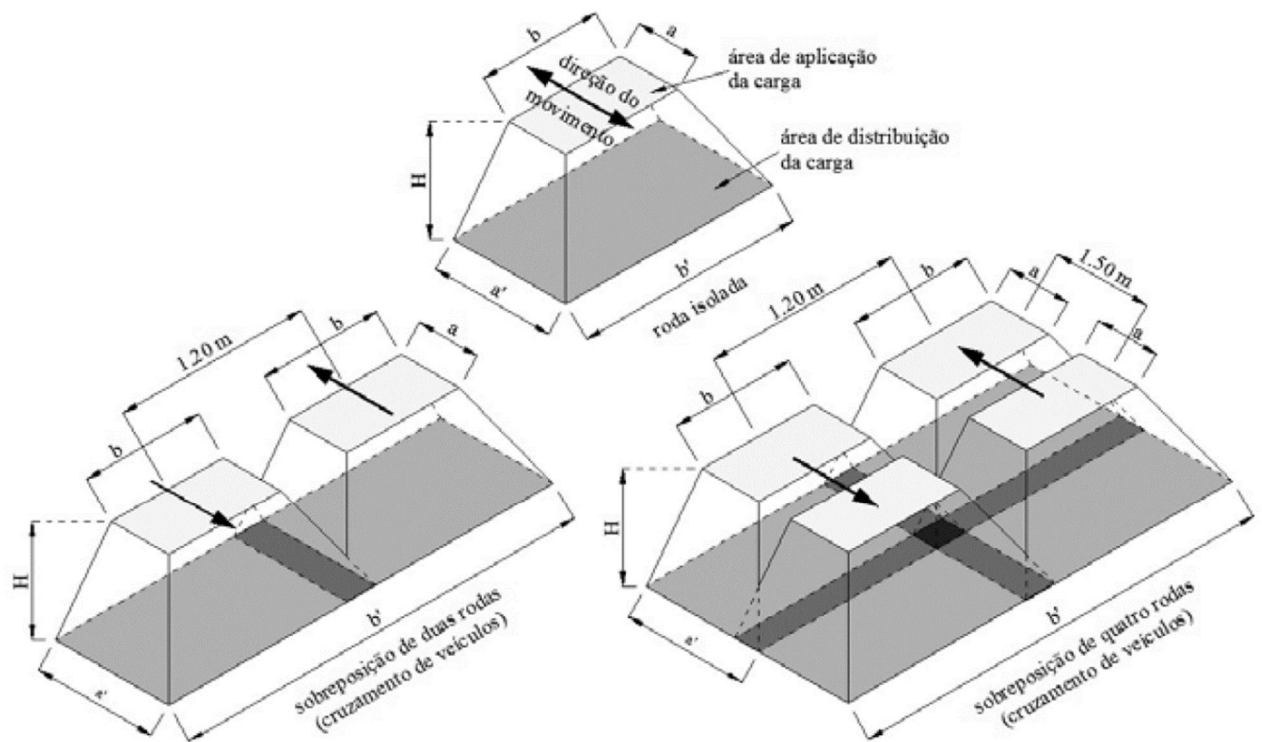


Figura 10 - Degradação e sobreposição das cargas exercidas pelas rodas dos veículos

O coletor sofre uma carga resultante da ação de uma roda do veículo, ou no caso de cruzamento de veículos, de uma combinação dependente da geometria dos veículos, conforme representado na Figura 10 (Marques et al., 2013). Esta carga é determinada com recurso à expressão:

$$W_T = \omega_L \times L \times S_L$$

Onde:

W_T – carga total exercida no coletor (kN)

ω_L – pressão média sobre o coletor (kN/m²)

L – comprimento de A_{LL} paralelo ao eixo longitudinal do coletor (m)

S_L – menor dos valores entre o diâmetro exterior da tubagem e o comprimento de A_{LL} perpendicular ao eixo longitudinal do coletor (Correia et al., 2004)

A pressão média sobre o coletor é calculada por:

$$\omega_L = \frac{P \times I_f}{A_{LL}} \quad (\text{kN/m}^2)$$

Onde:

P – carga crítica à superfície (kN)

I_f – fator de impacto

A_{LL} – área ao nível do extradorso do coletor, onde se considera uniformemente distribuída a carga crítica (Correia et al., 2004) (m^2)

A degradação das cargas faz-se em ângulos de 30° com a vertical, sendo possível determinar não só a carga em função da profundidade, como também a resultante que a sobreposição das rodas no caso de cruzamento de veículos. Os valores de A_{LL} para as diversas situações encontra-se definido na Figura 11 (Marques et al., 2013).

Veículo tipo	H (m)	P_{cr} (kN)	$A_{LL} = a' \times b' (\text{m}^2)$
Classe I (sem cruzar)	$H < 1.13$	100	$(0.20 + 1.15 H) \times (0.60 + 1.15 H)$
	$1.13 \leq H < 1.22$	200	$(1.70 + 1.15 H) \times (0.60 + 1.15 H)$
	$1.22 \leq H < 2.43$	400	$(1.70 + 1.15 H) \times (2.60 + 1.15 H)$
	$H \geq 2.43$	600	$(3.20 + 1.15 H) \times (2.60 + 1.15 H)$
Classe I	$H < 0.52$	100	$(0.20 + 1.15 H) \times (0.60 + 1.15 H)$
	$0.52 \leq H < 1.13$	200	$(0.20 + 1.15 H) \times (1.80 + 1.15 H)$
	$1.13 \leq H < 2.25$	400	$(1.70 + 1.15 H) \times (1.80 + 1.15 H)$
	$2.25 \leq H < 2.43$	600	$(1.70 + 1.15 H) \times (3.80 + 1.15 H)$
	$2.43 \leq H < 3.99$	900	$(3.20 + 1.15 H) \times (3.80 + 1.15 H)$
	$H \geq 3.99$	1200	$(3.20 + 1.15 H) \times (5.80 + 1.15 H)$
Classe II	$H < 0.70$	50	$(0.20 + 1.15 H) \times (0.40 + 1.15 H)$
	$0.70 \leq H < 1.13$	100	$(0.20 + 1.15 H) \times (1.60 + 1.15 H)$
	$1.13 \leq H < 2.43$	200	$(1.70 + 1.15 H) \times (1.60 + 1.15 H)$
	$2.43 \leq H < 4.16$	450	$(3.20 + 1.15 H) \times (3.60 + 1.15 H)$
	$H \geq 4.16$	600	$(3.20 + 1.15 H) \times (5.60 + 1.15 H)$

Figura 11 - Cargas críticas e áreas de distribuição

As classes referidas na Figura 11 correspondem às duas classes de veículos-tipo, Classe I e Classe II, a primeira correspondente a vias de comunicação com “tráfego intenso ou pesado” (Marques et al., 2013), enquanto a Classe II corresponde a vias de “tráfego ligeiro e pouco intenso” (Marques et al., 2013). A “Classe I (sem cruzar)” corresponde a vias com tráfego rodoviário da Classe I, mas por a via apresentar unicamente uma via de circulação não ocorre a sobreposição de cargas associadas aos cruzamentos de veículos pesados.

Nos arruamentos em estudo, por se tratar de malha urbana de elevada circulação de veículos pesados de passageiros e mercadorias, foi considerado o Veículo-Tipo Classe I, com a possibilidade de cruzamento de veículos. Apesar de alguns destes arruamentos terem atualmente um único sentido de circulação rodoviária, foi considerada a possibilidade de cruzamento de veículos, de modo a prever qualquer alteração de esquema de circulação.

As cargas exercidas pela circulação rodoviária, são de natureza dinâmica, como tal têm um efeito agravado em comparação com cargas exclusivamente estáticas. Nesse sentido é aplicado o fator de impacto que permite majorar as cargas exercidas sobre as tubagens, sendo retirado da Tabela 22 (Correia et al., 2004):

Tabela 22- Fatores de impacto para veículos pesados

Altura de recobrimento H(m)	Fator de impacto I _f
H ≤ 0.35	1.3
0.35 < H ≤ 0.65	1.2
0.65 < H ≤ 1.0	1.1
H > 1.0	1.0

Com base na carga total sobre o coletor (W_T) foi determinado a carga exercida por unidade de comprimento do Coletor (W_L):

$$W_L = \frac{W_T}{L_E} \quad (\text{kN/m})$$

Onde:

L_E – Comprimento efetivo do apoio do coletor (m)

Calculado por:

$$\begin{cases} L_E = L + 1.75 \times \frac{3 \times B_C}{4} & \text{se Coletor for r\u00edgido} \\ L_E = L & \text{se Coletor for flexivel} \end{cases}$$

Onde:

B_C – Di\u00e2metro exterior do coletor (m)

As cargas totais CE foram determinadas pela f\u00f3rmula:

$$CE = W_C + W_L \text{ (kN/m)}$$

E permite comparar as cargas exercidas sobre os coletores com a capacidade resistente dos mesmos, conforme o m\u00e9todo de c\u00e1lculo referido na sec\u00e7\u00e3o 6.2.3.

6.2.3 Determina\u00e7\u00e3o da capacidade de resist\u00eancia ao esmagamento dos coletores

Os esfor\u00e7os devidos ao peso do solo e \u00e0s cargas rolantes ($CE = W_C + W_L$) devem ser menores do que a capacidade de resist\u00eancia ao esmagamento do coletor (RE) (Anexo XXIII do Regulamento). O valor de RE pode ser determinado pela express\u00e3o:

$$RE = R_L \times \frac{K_a}{K_s} \text{ (kN/m)}$$

Onde:

R_L – carga de rotura \u00e0 compress\u00e3o diametral

K_a – fator de assentamento

K_s – coeficiente de seguran\u00e7a

O fator de assentamento está dependente das condições de assentamento previstas no ANEXO XXIII do RGSPPDADAR e representadas na Figura 12.

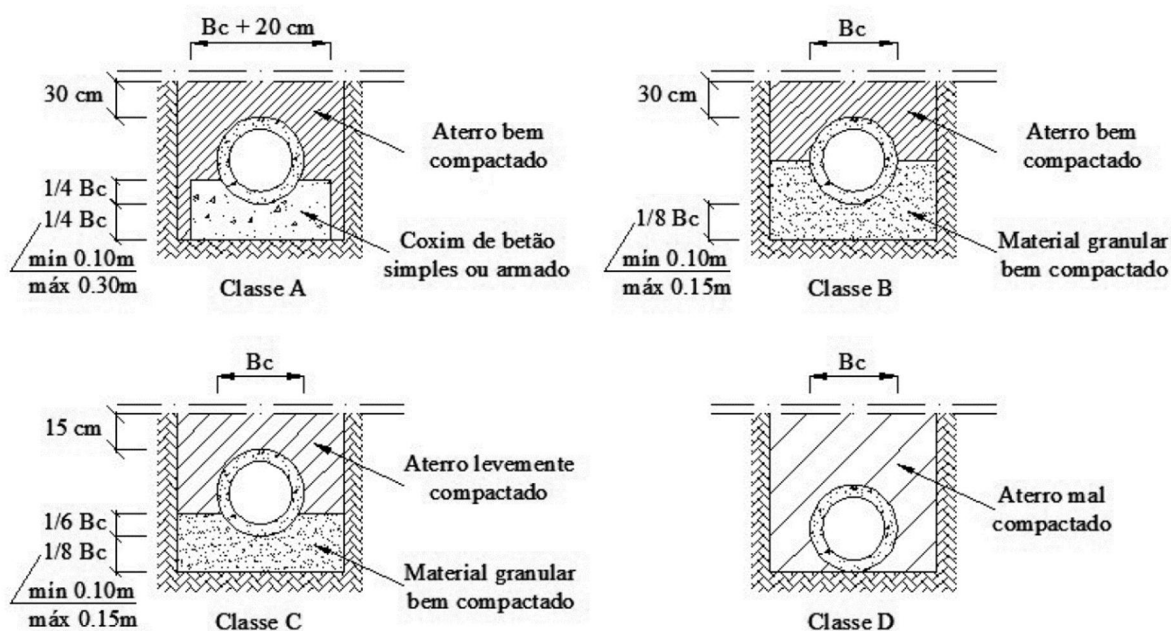


Figura 12 - Tipos de assentamento

No nosso caso o tipo de assentamento é diretamente sobre o fundo da vala, pelo que, de acordo com o Anexo XXIII do RGSPPDADAR, a classe de assentamento será a D, com a geratriz inferior da tubagem assenta diretamente sobre o fundo da vala, a que corresponde um valor de K_a de 1.1.

Como coeficiente de segurança é considerado um valor de 1.5 ou 1.0 conforme seja o material adotado, sendo o primeiro para coletores em grés e betão simples, e o ultimo para betão armado, conforme o preconizado no Anexo XXIII do RGSPPDADAR.

Para efetuar a verificação de resistência estrutural para cada troço de coletor é necessário definir a distância entre o extradorso da tubagem e o pavimento. O

regulamento prevê que esta profundidade não deverá ser inferior a 1.0m, tendo sido considerada a profundidade de 1.20 m em todos os troços.

De modo a salvaguardar eventuais erros construtivos, bem como a ausência de linearidade na relação entre o diâmetro nominal e o diâmetro exterior do tubo que dificultaria a definição em obra da profundidade das valas a escavar, considerou-se uma profundidade de 1.20m. Optou-se por utilização deste valor em todas as tubagens, mesmo nas colocadas a profundidades superiores, de modo a considerar o cenário mais desfavorável.

6.2.4 Cálculos

Na Tabela 23 apresentam-se as cargas devidas ao peso do terreno no extradorso da tubagem.

Por desconhecimento do tipo de solo existente, considerou-se que o coeficiente de carga deveria adotar o valor correspondente à interpolação entre valores de H/B_d da Tabela 21, para as condições de argila saturada, que permite obter os valores mais desfavoráveis para o cálculo da carga exercida pelo terreno. Quanto ao peso volúmico solo utilizou-se o valor de 20 kN/m^3 (Correia et al., 2004), sendo esta escolha coerente com a do valor do coeficiente de carga, tendo-se obtido os seguintes valores:

Com o cálculo das duas componentes que contribuem para a carga exercida sobre os coletores (devido ao peso do solo e devido à circulação de veículos), foi possível determinar qual a carga total.

Na Tabela 24 apresenta-se o cálculo das ações devidas às cargas rolantes pela passagem de veículos à superfície do terreno.

Tabela 23 – Determinação das cargas devidas ao peso do terreno no extradorso das tubagens da rede pluvial

Arruamento	COL.	Caixa nº		DN (m)	Dext (m)	Altura de Recobrimento H (m)	Largura da Vala Bd (m)	H /Bd	Peso Volumico do Solo (kN/m³)	Coeficiente de Carga Cd	Carga exercida pelo Terreno Wc (kN/m)
		De	Para								
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P1.2	P1.3	0.600	0.710	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P1.3	P1.4	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P1.4	P4.2	0.800	0.960	1.20	1.500	0.800	20.00	0.728	15.90
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P2.2	P2.3	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P2.3	P2.4	0.600	0.710	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P2.4	P4.5	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.315	0.375	1.20	0.815	1.472	20.00	1.259	25.84
		P3.2	P3.3	0.500	0.600	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
		P3.3	P3.4	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P3.4	P4.8	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.400	0.540	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P4.2	P4.3	1.100	1.340	1.20	1.800	0.667	20.00	0.613	13.54
		P4.3	P4.4	1.100	1.340	1.20	1.800	0.667	20.00	0.613	13.54
		P4.4	P4.5	1.100	1.340	1.20	1.800	0.667	20.00	0.613	13.54
		P4.5	P4.6	1.300	1.600	1.20	2.000	0.600	20.00	0.556	12.37
		P4.6	P4.7	1.300	1.600	1.20	2.000	0.600	20.00	0.556	12.37
		P4.7	P4.8	1.300	1.600	1.20	2.000	0.600	20.00	0.556	12.37
		P4.8	P4.9	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P4.9	P4.10	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P4.10	P11.1	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.315	0.375	1.20	0.815	1.472	20.00	1.259	25.84
		P5.2	P5.3	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94

Tabela 23 – Determinação das cargas devidas ao peso do terreno no extradorso das tubagens da rede pluvial

Arruamento	COL.	Caixa nº		DN (m)	Dext (m)	Altura de Recobrimento H (m)	Largura da Vala Bd (m)	H /Bd	Peso Volumico do Solo (kN/m³)	Coeficiente de Carga Cd	Carga exercida pelo Terreno Wc (kN/m)
		De	Para								
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.3	P5.4	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P5.4	P5.5	0.500	0.600	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
		P5.5	P5.6	0.600	0.710	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P5.6	P5.7	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P5.7	P5.8	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P5.8	P5.9	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P5.9	P11.5	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.315	0.455	1.20	0.815	1.472	20.00	1.259	25.84
		P6.2	P6.3	0.400	0.540	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P6.3	P6.4	0.500	0.622	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
		P6.4	P6.5	0.500	0.622	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
		P6.5	P6.6	0.600	0.732	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P6.6	P6.7	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P6.7	P6.8	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P6.8	P6.9	0.800	0.968	1.20	1.500	0.800	20.00	0.728	15.90
		P6.9	P6.10	0.800	0.968	1.20	1.500	0.800	20.00	0.728	15.90
		P6.10	P6.11	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P6.11	P6.12	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P6.12	P6.13	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P6.13	P6.14	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P6.14	P6.15	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P6.15	P6.16	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P6.16	P6.17	1.900	2.260	1.20	2.600	0.462	20.00	0.435	9.82
		P6.17	P11.8	1.900	2.260	1.20	2.600	0.462	20.00	0.435	9.82

Tabela 23 – Determinação das cargas devidas ao peso do terreno no extradorso das tubagens da rede pluvial

Arruamento	COL.	Caixa nº		DN (m)	Dext (m)	Altura de Recobrimento H (m)	Largura da Vala Bd (m)	H /Bd	Peso Volumico do Solo (kN/m³)	Coeficiente de Carga Cd	Carga exercida pelo Terreno Wc (kN/m)
		De	Para								
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.315	0.358	1.20	0.815	1.472	20.00	1.259	25.84
		P7.2	P7.3	0.400	0.448	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P7.3	P8.5	0.500	0.563	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.500	0.622	1.20	1.000	1.200	20.00	1.052	22.13
		P8.2	P8.3	0.600	0.732	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P8.3	P8.4	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P8.4	P8.5	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P8.5	P8.6	1.000	1.216	1.20	1.700	0.706	20.00	0.647	14.24
		P8.6	P8.7	1.100	1.340	1.20	1.800	0.667	20.00	0.613	13.54
		P8.7	P8.8	1.100	1.340	1.20	1.800	0.667	20.00	0.613	13.54
		P8.8	P8.9	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P8.9	P8.10	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P8.10	P8.11	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P8.11	P8.12	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
		P8.12	P6.10	1.500	1.820	1.20	2.200	0.545	20.00	0.509	11.40
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.400	0.470	1.20	0.900	1.333	20.00	1.153	23.94
		P9.2	P9.3	0.600	0.710	1.20	1.300	0.923	20.00	0.834	18.08
		P9.3	P9.4	0.700	0.844	1.20	1.400	0.857	20.00	0.777	16.91
		P9.4	P9.5	0.800	0.960	1.20	1.500	0.800	20.00	0.728	15.90
		P9.5	P9.6	0.800	0.960	1.20	1.500	0.800	20.00	0.728	15.90
		P9.6	P9.7	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P9.7	P9.8	0.900	1.100	1.20	1.600	0.750	20.00	0.685	15.02
		P9.8	P12.1	1.000	1.216	1.20	1.700	0.706	20.00	0.647	14.24

Tabela 23 – Determinação das cargas devidas ao peso do terreno no extradorso das tubagens da rede pluvial

Arruamento	COL.	Caixa nº		DN (m)	Dext (m)	Altura de Recobrimento H (m)	Largura da Vala Bd (m)	H /Bd	Peso Volumico do Solo (kN/m³)	Coeficiente de Carga Cd	Carga exercida pelo Terreno Wc (kN/m)
		De	Para								
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
		P10.2	P10.3	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
		P10.3	P12.1	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	1.600	1.920	1.20	2.300	0.522	20.00	0.489	10.99
		P11.2	P11.3	1.600	1.920	1.20	2.300	0.522	20.00	0.489	10.99
		P11.3	P11.4	1.600	1.920	1.20	2.300	0.522	20.00	0.489	10.99
		P11.4	P11.5	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P11.5	P11.6	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P11.6	P11.7	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P11.7	P11.8	1.800	2.160	1.20	2.500	0.480	20.00	0.452	10.20
		P11.8	P11.9	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
		P11.9	P11.10	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
		P11.10	P11.11	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
		P11.11	P10.1	2.400	2.900	1.20	3.100	0.387	20.00	0.366	8.31
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	2.500	3.000	1.20	3.200	0.375	20.00	0.355	8.07
		P12.2	P12.3	2.500	3.000	1.20	3.200	0.375	20.00	0.355	8.07
		P12.3	CA	2.500	3.000	1.20	3.200	0.375	20.00	0.355	8.07

Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga Crítica P (kN)	Área ALL (m²)	Factor de Impacto If	L (m) (comp de ALL)	LE (m)	Pressão Média Sobre o Colector ωl (kN/m²)	Comprimento de ALL Perpendicular ao Eixo Longitudinal do Colector Lb (m)	Comprimento de ALL Paralelo e o Eixo Longitudinal do Colector La (m)	Carga média sobre o Colector Wt (kN)	Carga total Sobre o Colector Wt (kN)	Carga por Unidade de Comprimento do Colector WL (kN/m)
		De	Para											
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P1.2	P1.3	200	9.178	1	2.98	3.912	21.790	2.980	3.080	21.790	47.65	12.18
		P1.3	P1.4	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P1.4	P4.2	200	9.178	1	2.98	4.240	21.790	2.980	3.080	21.790	64.43	15.20
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P2.2	P2.3	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P2.3	P2.4	200	9.178	1	2.98	3.912	21.790	2.980	3.080	21.790	47.65	12.18
		P2.4	P4.5	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	200	9.178	1	2.98	3.472	21.790	2.980	3.080	21.790	25.17	7.25
		P3.2	P3.3	200	9.178	1	2.98	3.768	21.790	2.980	3.080	21.790	40.27	10.69
		P3.3	P3.4	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P3.4	P4.8	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	200	9.178	1	2.98	3.689	21.790	2.980	3.080	21.790	36.24	9.82
		P4.2	P4.3	200	9.178	1	2.98	4.739	21.790	2.980	3.080	21.790	89.93	18.98
		P4.3	P4.4	200	9.178	1	2.98	4.739	21.790	2.980	3.080	21.790	89.93	18.98
		P4.4	P4.5	200	9.178	1	2.98	4.739	21.790	2.980	3.080	21.790	89.93	18.98
		P4.5	P4.6	200	9.178	1	2.98	5.080	21.790	2.980	3.080	21.790	107.38	21.14
		P4.6	P4.7	200	9.178	1	2.98	5.080	21.790	2.980	3.080	21.790	107.38	21.14
		P4.7	P4.8	200	9.178	1	2.98	5.080	21.790	2.980	3.080	21.790	107.38	21.14

Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga Crítica P (kN)	Área ALL (m ²)	Factor de Impacto If	L (m) (comp de ALL)	L _E (m)	Pressão Média Sobre o Colector ωl (kN/m ²)	Comprimento de ALL Perpendicular ao Eixo Longitudinal do Colector L _b (m)	Comprimento de ALL Paralelo e o Eixo Longitudinal do Colector L _a (m)	Carga média sobre o Colector Wt (kN)	Carga total Sobre o Colector Wt (kN)	Carga por Unidade de Comprimento do Colector WL (kN/m)
		De	Para											
Rua Maria Lalande	4	P4.8	P4.9	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P4.9	P4.10	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P4.10	P11.1	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	200	9.178	1	2.98	3.472	21.790	2.980	3.080	21.790	25.17	7.25
		P5.2	P5.3	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P5.3	P5.4	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P5.4	P5.5	200	9.178	1	2.98	3.768	21.790	2.980	3.080	21.790	40.27	10.69
		P5.5	P5.6	200	9.178	1	2.98	3.912	21.790	2.980	3.080	21.790	47.65	12.18
		P5.6	P5.7	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P5.7	P5.8	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P5.8	P5.9	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P5.9	P11.5	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	200	9.178	1	2.98	3.577	21.790	2.980	3.080	21.790	30.54	8.54
		P6.2	P6.3	200	9.178	1	2.98	3.689	21.790	2.980	3.080	21.790	36.24	9.82
		P6.3	P6.4	200	9.178	1	2.98	3.796	21.790	2.980	3.080	21.790	41.74	11.00
		P6.4	P6.5	200	9.178	1	2.98	3.796	21.790	2.980	3.080	21.790	41.74	11.00
		P6.5	P6.6	200	9.178	1	2.98	3.941	21.790	2.980	3.080	21.790	49.13	12.47
		P6.6	P6.7	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P6.7	P6.8	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P6.8	P6.9	200	9.178	1	2.98	4.251	21.790	2.980	3.080	21.790	64.97	15.28
		P6.9	P6.10	200	9.178	1	2.98	4.251	21.790	2.980	3.080	21.790	64.97	15.28
		P6.10	P6.11	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75

Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga Crítica P (kN)	Área ALL (m²)	Factor de Impacto If	L (m) (comp de ALL)	LE (m)	Pressão Média Sobre o Colector ωl (kN/m²)	Comprimento de ALL Perpendicular ao Eixo Longitudinal do Colector Lb (m)	Comprimento de ALL Paralelo e o Eixo Longitudinal do Colector La (m)	Carga média sobre o Colector Wt (kN)	Carga total Sobre o Colector Wt (kN)	Carga por Unidade de Comprimento do Colector WL (kN/m)
		De	Para											
Calçada do Tojal	6	P6.11	P6.12	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P6.12	P6.13	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P6.13	P6.14	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P6.14	P6.15	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P6.15	P6.16	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P6.16	P6.17	200	9.178	1	2.98	5.946	21.790	2.980	3.080	21.790	151.68	25.51
		P6.17	P11.8	200	9.178	1	2.98	5.946	21.790	2.980	3.080	21.790	151.68	25.51
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	200	9.178	1	2.98	3.450	21.790	2.980	3.080	21.790	24.03	6.96
		P7.2	P7.3	200	9.178	1	2.98	3.568	21.790	2.980	3.080	21.790	30.07	8.43
		P7.3	P8.5	200	9.178	1	2.98	3.719	21.790	2.980	3.080	21.790	37.79	10.16
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	200	9.178	1	2.98	3.796	21.790	2.980	3.080	21.790	41.74	11.00
		P8.2	P8.3	200	9.178	1	2.98	3.941	21.790	2.980	3.080	21.790	49.13	12.47
		P8.3	P8.4	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P8.4	P8.5	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P8.5	P8.6	200	9.178	1	2.98	4.576	21.790	2.980	3.080	21.790	81.61	17.83
		P8.6	P8.7	200	9.178	1	2.98	4.739	21.790	2.980	3.080	21.790	89.93	18.98
		P8.7	P8.8	200	9.178	1	2.98	4.739	21.790	2.980	3.080	21.790	89.93	18.98
		P8.8	P8.9	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P8.9	P8.10	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P8.10	P8.11	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P8.11	P8.12	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75
		P8.12	P6.10	200	9.178	1	2.98	5.369	21.790	2.980	3.080	21.790	122.15	22.75

Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga Crítica P (kN)	Área ALL (m²)	Factor de Impacto If	L (m) (comp de ALL)	L _E (m)	Pressão Média Sobre o Colector ωl (kN/m²)	Comprimento de ALL Perpendicular ao Eixo Longitudinal do Colector L _b (m)	Comprimento de ALL Paralelo e o Eixo Longitudinal do Colector L _a (m)	Carga média sobre o Colector W _t (kN)	Carga total Sobre o Colector W _t (kN)	Carga por Unidade de Comprimento do Colector WL (kN/m)
		De	Para											
Rua Emilia das Neves	9	P9.1	P9.2	200	9.178	1	2.98	3.597	21.790	2.980	3.080	21.790	31.54	8.77
		P9.2	P9.3	200	9.178	1	2.98	3.912	21.790	2.980	3.080	21.790	47.65	12.18
		P9.3	P9.4	200	9.178	1	2.98	4.088	21.790	2.980	3.080	21.790	56.64	13.86
		P9.4	P9.5	200	9.178	1	2.98	4.240	21.790	2.980	3.080	21.790	64.43	15.20
		P9.5	P9.6	200	9.178	1	2.98	4.240	21.790	2.980	3.080	21.790	64.43	15.20
		P9.6	P9.7	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P9.7	P9.8	200	9.178	1	2.98	4.424	21.790	2.980	3.080	21.790	73.83	16.69
		P9.8	P12.1	200	9.178	1	2.98	4.576	21.790	2.980	3.080	21.790	81.61	17.83
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
		P10.2	P10.3	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
		P10.3	P12.1	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	200	9.178	1	2.98	5.500	21.790	2.980	3.080	21.790	128.86	23.43
		P11.2	P11.3	200	9.178	1	2.98	5.500	21.790	2.980	3.080	21.790	128.86	23.43
		P11.3	P11.4	200	9.178	1	2.98	5.500	21.790	2.980	3.080	21.790	128.86	23.43
		P11.4	P11.5	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P11.5	P11.6	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P11.6	P11.7	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P11.7	P11.8	200	9.178	1	2.98	5.815	21.790	2.980	3.080	21.790	144.97	24.93
		P11.8	P11.9	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
		P11.9	P11.10	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
		P11.10	P11.11	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68
		P11.11	P10.1	200	9.178	1	2.98	6.786	21.790	2.980	3.080	21.790	194.63	28.68

Tabela 24 - Ações devidas às cargas rolantes de veículos à superfície

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga Crítica P (kN)	Área ALL (m ²)	Factor de Impacto If	L (m) (comp de ALL)	L _E (m)	Pressão Média Sobre o Colector ωl (kN/m ²)	Comprimento de ALL Perpendicular ao Eixo Longitudinal do Colector L _b (m)	Comprimento de ALL Paralelo e o Eixo Longitudinal do Colector L _a (m)	Carga média sobre o Colector Wt (kN)	Carga total Sobre o Colector Wt (kN)	Carga por Unidade de Comprimento do Colector WL (kN/m)
		De	Para											
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	200	9.178	1	2.98	6.918	21.790	2.980	3.080	21.790	200.00	28.91
		P12.2	P12.3	200	9.178	1	2.98	6.918	21.790	2.980	3.080	21.790	200.00	28.91
		P12.3	CA	200	9.178	1	2.98	6.918	21.790	2.980	3.080	21.790	200.00	28.91

A Tabela 23 e a Tabela 24 permitiram determinar quais as cargas atuantes sobre as tubagens, para comparar as ações com a capacidade das tubagens foi necessário determinar esta capacidade resistente para cada material.

Na Tabela 25 representa-se as cargas totais por unidade de comprimento exercidas sobre cada um dos troços de coletor.

Tabela 25 - Carga total exercida sobre cada troço de coletor

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga por unidade de comprimento exercida pelo Terreno Wc (kN/m)	Carga por unidade de comprimento do exercida pelos veiculos WL (kN/m)	CE - Carga Total /m (kN/m)
		De	Para			
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	23.94	8.77	32.71
		P1.2	P1.3	18.08	12.18	30.26
		P1.3	P1.4	16.91	13.86	30.77
		P1.4	P4.2	15.90	15.20	31.10
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	23.94	8.77	32.71
		P2.2	P2.3	23.94	8.77	32.71
		P2.3	P2.4	18.08	12.18	30.26
		P2.4	P4.5	15.02	16.69	31.70
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	25.84	7.25	33.09
		P3.2	P3.3	22.13	10.69	32.82
		P3.3	P3.4	16.91	13.86	30.77
		P3.4	P4.8	16.91	13.86	30.77
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	23.94	9.82	33.77
		P4.2	P4.3	13.54	18.98	32.52
		P4.3	P4.4	13.54	18.98	32.52
		P4.4	P4.5	13.54	18.98	32.52
		P4.5	P4.6	12.37	21.14	33.50
		P4.6	P4.7	12.37	21.14	33.50
		P4.7	P4.8	12.37	21.14	33.50
		P4.8	P4.9	11.40	22.75	34.16
		P4.9	P4.10	11.40	22.75	34.16
		P4.10	P11.1	11.40	22.75	34.16
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	25.84	7.25	33.09
		P5.2	P5.3	23.94	8.77	32.71
		P5.3	P5.4	23.94	8.77	32.71
		P5.4	P5.5	22.13	10.69	32.82
		P5.5	P5.6	18.08	12.18	30.26
		P5.6	P5.7	15.02	16.69	31.70
		P5.7	P5.8	15.02	16.69	31.70

Tabela 25 - Carga total exercida sobre cada trecho de coletor

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga por unidade de comprimento exercida pelo Terreno Wc (kN/m)	Carga por unidade de comprimento do exercida pelos veiculos WL (kN/m)	CE - Carga Total /m (kN/m)
		De	Para			
		P5.8	P5.9	15.02	16.69	31.70
		P5.9	P11.5	15.02	16.69	31.70
		P6.1	P6.2	25.84	8.54	34.37
Calçada do Tojal	6	P6.2	P6.3	23.94	9.82	33.77
		P6.3	P6.4	22.13	11.00	33.13
		P6.4	P6.5	22.13	11.00	33.13
		P6.5	P6.6	18.08	12.47	30.54
		P6.6	P6.7	16.91	13.86	30.77
		P6.7	P6.8	16.91	13.86	30.77
		P6.8	P6.9	15.90	15.28	31.18
		P6.9	P6.10	15.90	15.28	31.18
		P6.10	P6.11	11.40	22.75	34.16
		P6.11	P6.12	11.40	22.75	34.16
		P6.12	P6.13	11.40	22.75	34.16
		P6.13	P6.14	10.20	24.93	35.13
		P6.14	P6.15	10.20	24.93	35.13
		P6.15	P6.16	10.20	24.93	35.13
		P6.16	P6.17	9.82	25.51	35.33
		P6.17	P11.8	9.82	25.51	35.33
		Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	25.84
P7.2	P7.3			23.94	8.43	32.37
P7.3	P8.5			22.13	10.16	32.29
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	22.13	11.00	33.13
		P8.2	P8.3	18.08	12.47	30.54
		P8.3	P8.4	16.91	13.86	30.77
		P8.4	P8.5	15.02	16.69	31.70
		P8.5	P8.6	14.24	17.83	32.07
		P8.6	P8.7	13.54	18.98	32.52
		P8.7	P8.8	13.54	18.98	32.52
		P8.8	P8.9	11.40	22.75	34.16
		P8.9	P8.10	11.40	22.75	34.16
		P8.10	P8.11	11.40	22.75	34.16
		P8.11	P8.12	11.40	22.75	34.16
		P8.12	P6.10	11.40	22.75	34.16
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	23.94	8.77	32.71
		P9.2	P9.3	18.08	12.18	30.26
		P9.3	P9.4	16.91	13.86	30.77
		P9.4	P9.5	15.90	15.20	31.10
		P9.5	P9.6	15.90	15.20	31.10
		P9.6	P9.7	15.02	16.69	31.70

Tabela 25 - Carga total exercida sobre cada troço de coletor

Arruamento	COL.	Caixa nº		Carga por unidade de comprimento exercida pelo Terreno Wc (kN/m)	Carga por unidade de comprimento do exercida pelos veiculos WL (kN/m)	CE - Carga Total /m (kN/m)
		De	Para			
		P9.7	P9.8	15.02	16.69	31.70
		P9.8	P12.1	14.24	17.83	32.07
		P10.1	P10.2	8.31	28.68	36.99
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.2	P10.3	8.31	28.68	36.99
		P10.3	P12.1	8.31	28.68	36.99
		P11.1	P11.2	10.99	23.43	34.41
Estrada de Benfica	11	P11.2	P11.3	10.99	23.43	34.41
		P11.3	P11.4	10.99	23.43	34.41
		P11.4	P11.5	10.20	24.93	35.13
		P11.5	P11.6	10.20	24.93	35.13
		P11.6	P11.7	10.20	24.93	35.13
		P11.7	P11.8	10.20	24.93	35.13
		P11.8	P11.9	8.31	28.68	36.99
		P11.9	P11.10	8.31	28.68	36.99
		P11.10	P11.11	8.31	28.68	36.99
		P11.11	P10.1	8.31	28.68	36.99
		Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	8.07
P12.2	P12.3			8.07	28.91	36.98
P12.3	CA			8.07	28.91	36.98

Inicialmente previa-se a utilização unicamente de coletores do material recomendado pela Câmara Municipal de Lisboa, ou seja, policloreto de vinilo (PVC), com parede de camada dupla, lisa no interior e corrugada no exterior. Em termos de resistência nominal foi considerada a classe SN10, o que significa que apresenta uma resistência de 10 kN/m^2 , ou seja, 29.8 kN por metro de comprimento de coletor.

No entanto verificaram-se duas limitações, uma referente aos diâmetros disponíveis comercialmente, uma vez que as tubagens desta natureza são fabricadas até diâmetros de 1200mm, a outra pela classe de resistência com o limite de 10kN/m. Como tal foi calculada e representada na Tabela 27 a capacidade de resistência para cada secção de coletor, para os três materiais, PVC corrugado, betão simples e betão armado.

A escolha entre as manilhas de betão armado e a tubagem de betão armado deveu-se unicamente a uma questão de dimensões, pois as manilhas são fabricadas

unicamente até ao diâmetro de 1200mm, acima desta dimensão é sempre considerado tubo de betão armado.

As cargas de rotura admissíveis para cada diâmetro de tubagem em betão estão representadas na Tabela 26 gerada a partir da compilação de diversos catálogos da Secil Betão:

Tabela 26 - Cargas de rotura para tubagens em betão simples e armado

Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN/m)				
	Betão simples	Betão armado	Diámetro	Betão simples	Betão armado
200	30	---	1200	60	176
300	28	54	1300	---	191
400	55	72	1400	---	206
500	34	88	1500	---	221
600	38	103	1600	---	235
700	41	103	1800	---	324
800	44	140	2000	---	360
900	46	132	2500	---	338
1000	60	150			

A Tabela 27 identifica qual a capacidade resistente para cada um dos materiais para os diâmetros calculados para cada troço.

Tabela 27 – Capacidade resistente das tubagens (RL) de cada material em função dos diâmetros de cada troço

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL.	Caixa nº		Resistência à Compressão Diametral (kN/m ²) (PVC corrugado)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (PVC corr.)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão simples)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão armado)
		De	Para				
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	10.00	29.80	55.00	72.00
		P1.2	P1.3	10.00	29.80	38.00	103.00
		P1.3	P1.4	10.00	29.80	41.00	103.00
		P1.4	P4.2	10.00	29.80	44.00	140.00
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	10.00	29.80	55.00	72.00
		P2.2	P2.3	10.00	29.80	55.00	72.00
		P2.3	P2.4	10.00	29.80	38.00	103.00
		P2.4	P4.5	10.00	29.80	46.00	132.00
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	10.00	29.80	28.00	(b)
		P3.2	P3.3	10.00	29.80	34.00	88.00
		P3.3	P3.4	10.00	29.80	41.00	103.00
		P3.4	P4.8	10.00	29.80	41.00	103.00
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	10.00	29.80	55.00	72.00
		P4.2	P4.3	10.00	29.80	60.00	150.00
		P4.3	P4.4	10.00	29.80	60.00	150.00
		P4.4	P4.5	10.00	29.80	60.00	150.00
		P4.5	P4.6	10.00	(a)	(a)	191.00
		P4.6	P4.7	10.00	(a)	(a)	191.00
		P4.7	P4.8	10.00	(a)	(a)	191.00
		P4.8	P4.9	10.00	(a)	(a)	221.00
		P4.9	P4.10	10.00	(a)	(a)	221.00
		P4.10	P11.1	10.00	(a)	(a)	221.00

Tabela 27 – Capacidade resistente das tubagens (RL) de cada material em função dos diâmetros de cada troço

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL.	Caixa nº		Resistência à Compressão Diametral (kN/m ²) (PVC corrugado)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (PVC corr.)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão simples)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão armado)
		De	Para				
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	10.00	29.80	28.00	(b)
		P5.2	P5.3	10.00	29.80	55.00	72.00
		P5.3	P5.4	10.00	29.80	55.00	72.00
		P5.4	P5.5	10.00	29.80	34.00	88.00
		P5.5	P5.6	10.00	29.80	38.00	103.00
		P5.6	P5.7	10.00	29.80	46.00	132.00
		P5.7	P5.8	10.00	29.80	46.00	132.00
		P5.8	P5.9	10.00	29.80	46.00	132.00
Calçada do Tojal	6	P5.9	P11.5	10.00	29.80	46.00	132.00
		P6.1	P6.2	10.00	29.80	28.00	(b)
		P6.2	P6.3	10.00	29.80	55.00	72.00
		P6.3	P6.4	10.00	29.80	34.00	88.00
		P6.4	P6.5	10.00	29.80	34.00	88.00
		P6.5	P6.6	10.00	29.80	38.00	103.00
		P6.6	P6.7	10.00	29.80	41.00	103.00
		P6.7	P6.8	10.00	29.80	41.00	103.00
		P6.8	P6.9	10.00	29.80	44.00	140.00
		P6.9	P6.10	10.00	29.80	44.00	140.00
		P6.10	P6.11	10.00	(a)	(a)	221.00
		P6.11	P6.12	10.00	(a)	(a)	221.00
		P6.12	P6.13	10.00	(a)	(a)	221.00
		P6.13	P6.14	10.00	(a)	(a)	324.00
P6.14	P6.15	10.00	(a)	(a)	324.00		

Tabela 27 – Capacidade resistente das tubagens (RL) de cada material em função dos diâmetros de cada troço

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL.	Caixa nº		Resistência à Compressão Diametral (kN/m ²) (PVC corrugado)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (PVC corr.)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão simples)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão armado)
		De	Para				
Calçada do Tojal	6	P6.15	P6.16	10.00	(a)	(a)	324.00
		P6.16	P6.17	10.00	(a)	(a)	324.00
		P6.17	P11.8	10.00	(a)	(a)	324.00
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	10.00	29.80	28.00	(b)
		P7.2	P7.3	10.00	29.80	55.00	72.00
		P7.3	P8.5	10.00	29.80	34.00	88.00
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	10.00	29.80	34.00	88.00
		P8.2	P8.3	10.00	29.80	38.00	103.00
		P8.3	P8.4	10.00	29.80	41.00	103.00
		P8.4	P8.5	10.00	29.80	46.00	132.00
		P8.5	P8.6	10.00	29.80	60.00	150.00
		P8.6	P8.7	10.00	29.80	60.00	150.00
		P8.7	P8.8	10.00	29.80	60.00	150.00
		P8.8	P8.9	10.00	(a)	(a)	221.00
		P8.9	P8.10	10.00	(a)	(a)	221.00
		P8.10	P8.11	10.00	(a)	(a)	221.00
		P8.11	P8.12	10.00	(a)	(a)	221.00
		P8.12	P6.10	10.00	(a)	(a)	221.00
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	10.00	29.80	55.00	72.00
		P9.2	P9.3	10.00	29.80	38.00	103.00
		P9.3	P9.4	10.00	29.80	41.00	103.00
		P9.4	P9.5	10.00	29.80	44.00	140.00
		P9.5	P9.6	10.00	29.80	44.00	140.00

Tabela 27 – Capacidade resistente das tubagens (RL) de cada material em função dos diâmetros de cada troço

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL.	Caixa nº		Resistência à Compressão Diametral (kN/m ²) (PVC corrugado)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (PVC corr.)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão simples)	Resistência à Compressão Diametral por Unidade de Comprimento do Coletor (kN/m) (betão armado)
		De	Para				
Rua Emília das Neves	9	P9.6	P9.7	10.00	29.80	46.00	132.00
		P9.7	P9.8	10.00	29.80	46.00	132.00
		P9.8	P12.1	10.00	29.80	60.00	150.00
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	10.00	(a)	(a)	361.00
		P10.2	P10.3	10.00	(a)	(a)	361.00
		P10.3	P12.1	10.00	(a)	(a)	361.00
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	10.00	(a)	(a)	235.00
		P11.2	P11.3	10.00	(a)	(a)	235.00
		P11.3	P11.4	10.00	(a)	(a)	235.00
		P11.4	P11.5	10.00	(a)	(a)	324.00
		P11.5	P11.6	10.00	(a)	(a)	324.00
		P11.6	P11.7	10.00	(a)	(a)	324.00
		P11.7	P11.8	10.00	(a)	(a)	324.00
		P11.8	P11.9	10.00	(a)	(a)	361.00
		P11.9	P11.10	10.00	(a)	(a)	361.00
		P11.10	P11.11	10.00	(a)	(a)	361.00
		P11.11	P10.1	10.00	(a)	(a)	361.00
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	10.00	(a)	(a)	338.00
		P12.2	P12.3	10.00	(a)	(a)	338.00
		P12.3	CA	10.00	(a)	(a)	338.00

Com a aplicação dos coeficientes de segurança à capacidade resistente dos coletores, tendo em consideração o material selecionado para cada troço, e comparando com a carga total aplicada sobre os mesmos foi possível confirmar a verificação de segurança para cada um dos troços, tendo sido considerado sucessivamente a adoção dos seguintes materiais, pela ordem que se apresenta, até se conseguir garantir a resistência estrutural dos coletores:

1. Policloreto de vinilo (PVC) corrugado;
2. Manilhas de betão simples;
3. Manilhas de betão armado;
4. Tubagem de betão armado.

Para cada coletor considerou-se o mesmo material em toda a sua extensão, correspondente ao que garantia a resistência estrutural no troço sujeito a maiores ações.

Na Tabela 28 procedeu-se à verificação da resistência ao esmagamento na totalidade dos troços de coletor, por comparação das forças atuantes com a capacidade resistente da tubagem.

Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais seleccionados

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL	Caixa nº		Coeficiente de Segurança Ka/Ks (rigido)	CE - Carga Total de Rotura à Compressão Diâmetral R _L (kN/m)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (PVC corrugado)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão simples)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão armado)	Verificação de Resistência (PVC corrugado)	Verificação de Resistência (betão simples)	Verificação de Resistência (betão armado)
		De	Para								
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P1.2	P1.3	1.100	30.259	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P1.3	P1.4	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P1.4	P4.2	1.100	31.095	29.80	48.40	154.00	Não verifica	Verifica	---
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P2.2	P2.3	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P2.3	P2.4	1.100	30.259	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P2.4	P4.5	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	1.100	33.086	29.80	30.80	---	Não verifica	Não verifica	(b)
		P3.2	P3.3	1.100	32.822	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
		P3.3	P3.4	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P3.4	P4.8	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	1.100	33.768	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P4.2	P4.3	1.100	32.521	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P4.3	P4.4	1.100	32.521	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P4.4	P4.5	1.100	32.521	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P4.5	P4.6	1.100	33.504	---	---	210.10	(a)	(a)	Verifica
		P4.6	P4.7	1.100	33.504	---	---	210.10	(a)	(a)	Verifica
		P4.7	P4.8	1.100	33.504	---	---	210.10	(a)	(a)	Verifica

Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais selecionados

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL	Caixa nº		Coeficiente de Segurança Ka/Ks (rigido)	CE - Carga Total de Rotura à Compressão ou Diâmetro R _L (kN/m)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (PVC corrugado)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão simples)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão armado)	Verificação de Resistência (PVC corrugado)	Verificação de Resistência (betão simples)	Verificação de Resistência (betão armado)
		De	Para								
Rua Maria Lalande	4	P4.8	P4.9	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P4.9	P4.10	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P4.10	P11.1	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	1.100	33.086	29.80	30.80	---	Não verifica	Não verifica	(b)
		P5.2	P5.3	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P5.3	P5.4	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P5.4	P5.5	1.100	32.822	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
		P5.5	P5.6	1.100	30.259	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P5.6	P5.7	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
		P5.7	P5.8	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
		P5.8	P5.9	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	1.100	34.374	29.80	30.80	---	Não verifica	Não verifica	(b)
		P6.2	P6.3	1.100	33.768	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P6.3	P6.4	1.100	33.130	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
		P6.4	P6.5	1.100	33.130	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
		P6.5	P6.6	1.100	30.544	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P6.6	P6.7	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P6.7	P6.8	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P6.8	P6.9	1.100	31.184	29.80	48.40	154.00	Não verifica	Verifica	---
		P6.9	P6.10	1.100	31.184	29.80	48.40	154.00	Não verifica	Verifica	---

Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais selecionados

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL	Caixa nº		Coeficiente de Segurança Ka/Ks (rigido)	CE - Carga Total de Rotura à Compressão ou Diâmetro R _L (kN/m)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (PVC corrugado)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão simples)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão armado)	Verificação de Resistência (PVC corrugado)	Verificação de Resistência (betão simples)	Verificação de Resistência (betão armado)
		De	Para								
Calçada do Tojal	6	P6.10	P6.11	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P6.11	P6.12	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P6.12	P6.13	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P6.13	P6.14	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P6.14	P6.15	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P6.15	P6.16	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P6.16	P6.17	1.100	35.330	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	1.100	32.802	29.80	30.80	---	Não verifica	Não verifica	(b)
		P7.2	P7.3	1.100	32.370	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P7.3	P8.5	1.100	32.294	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	1.100	33.130	29.80	37.40	96.80	Não verifica	Verifica	---
		P8.2	P8.3	1.100	30.544	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P8.3	P8.4	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P8.4	P8.5	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
		P8.5	P8.6	1.100	32.070	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P8.6	P8.7	1.100	32.521	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P8.7	P8.8	1.100	32.521	29.80	66.00	165.00	Não verifica	Verifica	---
		P8.8	P8.9	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P8.9	P8.10	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
	P8.10	P8.11	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica	

Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais selecionados

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL	Caixa nº		Coeficiente de Segurança Ka/Ks (rigido)	CE - Carga Total de Rotura à Compressão ou Diâmetro R _L (kN/m)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (PVC corrugado)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão simples)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão armado)	Verificação de Resistência (PVC corrugado)	Verificação de Resistência (betão simples)	Verificação de Resistência (betão armado)
		De	Para								
Rua Jorge Barradas	8	P8.11	P8.12	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
		P8.12	P6.10	1.100	34.155	---	---	243.10	(a)	(a)	Verifica
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	1.100	32.713	29.80	60.50	79.20	Não verifica	Verifica	---
		P9.2	P9.3	1.100	30.259	29.80	41.80	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P9.3	P9.4	1.100	30.768	29.80	45.10	113.30	Não verifica	Verifica	---
		P9.4	P9.5	1.100	31.095	29.80	48.40	154.00	Não verifica	Verifica	---
		P9.5	P9.6	1.100	31.095	29.80	48.40	154.00	Não verifica	Verifica	---
		P9.6	P9.7	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
		P9.7	P9.8	1.100	31.704	29.80	50.60	145.20	Não verifica	Verifica	---
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
		P10.2	P10.3	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
		P10.3	P12.1	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	1.100	34.415	---	---	258.50	(a)	(a)	Verifica
		P11.2	P11.3	1.100	34.415	---	---	258.50	(a)	(a)	Verifica
		P11.3	P11.4	1.100	34.415	---	---	258.50	(a)	(a)	Verifica
		P11.4	P11.5	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P11.5	P11.6	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P11.6	P11.7	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P11.7	P11.8	1.100	35.127	---	---	356.40	(a)	(a)	Verifica
		P11.8	P11.9	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica

Tabela 28 – Esforços atuantes sobre as condutas e verificação da resistência ao esmagamento dos coletores para vários materiais selecionados

(a) - Troço com DN > 1.2m

(b) - Troço com DN < 0.4m

Arruamento	COL	Caixa nº		Coeficiente de Segurança Ka/Ks (rigido)	CE - Carga Total de Rotura à Compressão Diâmetral R _L (kN/m)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (PVC corrugado)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão simples)	Capacidade Resistente do Coletor R _E (kN/m) (betão armado)	Verificação de Resistência (PVC corrugado)	Verificação de Resistência (betão simples)	Verificação de Resistência (betão armado)
		De	Para								
Estrada de Benfica	11	P11.9	P11.10	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
		P11.10	P11.11	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
		P11.11	P10.1	1.100	36.991	---	---	397.10	(a)	(a)	Verifica
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	1.100	36.978	---	---	371.80	(a)	(a)	Verifica
		P12.2	P12.3	1.100	36.978	---	---	371.80	(a)	(a)	Verifica
		P12.3	CA	1.100	36.978	---	---	371.80	(a)	(a)	Verifica

De modo a facilitar a análise de qual a solução a adotar para cada troço de coletor, representa-se na Tabela 29 o resumo que inclui o diâmetro da tubagem e o material e estrutura definida.

Note-se que a solução de variação de material ao longo de um coletor poderá não ser a mais compatível com os processos construtivos correntemente adotados, nesse sentido foi efetuado a homogeneização de material na totalidade de cada coletor, considerando para todos os troços o material que garanta a resistência estrutural em todos os seus troços (Tabela 29).

Tabela 29 - Resumo de características de coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		Características dos Coletores		
		De	Para	Diâmetro Nominal	Material e estrutura	
					Teórico	Prático
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	P1.2	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P1.2	P1.3	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P1.3	P1.4	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P1.4	P4.2	0.800	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
Rua Aura Abranches	2	P2.1	P2.2	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P2.2	P2.3	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P2.3	P2.4	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
		P2.4	P4.5	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Simples
Rua Lucília Simões	3	P3.1	P3.2	0.315	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P3.2	P3.3	0.500	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P3.3	P3.4	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P3.4	P4.8	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
Rua Maria Lalande	4	P4.1	P4.2	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P4.2	P4.3	1.100	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P4.3	P4.4	1.100	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P4.4	P4.5	1.100	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P4.5	P4.6	1.300	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P4.6	P4.7	1.300	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado

Tabela 29 - Resumo de características de coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		Características dos Coletores		
		De	Para	Diâmetro Nominal	Material e estrutura	
					Teórico	Prático
Rua Maria Lalande	4	P4.7	P4.8	1.300	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P4.8	P4.9	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P4.9	P4.10	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P4.10	P11.1	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	P5.2	0.315	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P5.2	P5.3	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.3	P5.4	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.4	P5.5	0.500	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.5	P5.6	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.6	P5.7	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.7	P5.8	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.8	P5.9	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P5.9	P11.5	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
Calçada do Tojal	6	P6.1	P6.2	0.315	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.2	P6.3	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.3	P6.4	0.500	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.4	P6.5	0.500	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.5	P6.6	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.6	P6.7	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.7	P6.8	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.8	P6.9	0.800	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.9	P6.10	0.800	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P6.10	P6.11	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.11	P6.12	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.12	P6.13	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.13	P6.14	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado

Tabela 29 - Resumo de características de coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		Características dos Coletores		
		De	Para	Diâmetro Nominal	Material e estrutura	
					Teórico	Prático
Calçada do Tojal	6	P6.14	P6.15	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.15	P6.16	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.16	P6.17	1.900	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P6.17	P11.8	1.900	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	P7.2	0.315	PVC Corrugado	PVC Corrugado
		P7.2	P7.3	0.400	PVC Corrugado	PVC Corrugado
		P7.3	P8.5	0.500	PVC Corrugado	PVC Corrugado
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	P8.2	0.500	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.2	P8.3	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.3	P8.4	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.4	P8.5	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.5	P8.6	1.000	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.6	P8.7	1.100	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.7	P8.8	1.100	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P8.8	P8.9	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P8.9	P8.10	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P8.10	P8.11	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P8.11	P8.12	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P8.12	P6.10	1.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
Rua Emília das Neves	9	P9.1	P9.2	0.400	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.2	P9.3	0.600	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.3	P9.4	0.700	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.4	P9.5	0.800	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.5	P9.6	0.800	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.6	P9.7	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
		P9.7	P9.8	0.900	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado

Tabela 29 - Resumo de características de coletores

Arruamento	COL.	Caixa nº		Características dos Coletores		
		De	Para	Diâmetro Nominal	Material e estrutura	
					Teórico	Prático
Rua Emília das Neves	9	P9.8	P12.1	1.000	Manilhas de Betão Simples	Tubo de Betão Armado
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	P10.2	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P10.2	P10.3	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P10.3	P12.1	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
Estrada de Benfica	11	P11.1	P11.2	1.600	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.2	P11.3	1.600	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.3	P11.4	1.600	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.4	P11.5	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.5	P11.6	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.6	P11.7	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.7	P11.8	1.800	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.8	P11.9	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.9	P11.10	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.10	P11.11	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P11.11	P10.1	2.400	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	P12.2	2.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P12.2	P12.3	2.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado
		P12.3	CA	2.500	Tubo de Betão Armado	Tubo de Betão Armado

Em conclusão, a totalidade dos coletores será em betão armado, com exceção da Rua Rogério Amaral que será em PVC corrugado.

7 Sumidouros

7.1 Localização de sumidouros

A escolha da localização dos sumidouros foi feita com base em dois fatores distintos. O primeiro é o cumprimento da legislação em vigor, no Artigo 162º do regulamento, que refere quanto à implantação de sumidouros, que estes devem ser previstos:

- a) Nos pontos baixos da via pública;
- b) Nos cruzamentos, de modo a evitar a travessia da faixa de rodagem pelo escoamento superficial;
- c) Ao longo dos percursos das valetas, de modo que a largura da lamina de água não ultrapasse o valor considerado nos critérios de dimensionamento hidráulico.

As alíneas a) e b) foram consideradas na localização dos sumidouros e a c) foi tida em conta no seu dimensionamento.

O segundo fator levado em consideração consequência de se estar perante uma área urbana bem consolidada há muitos anos, pelo que foi considerado adequado respeitar a localização dos sumidouros existentes associados à rede unitária que se propõe alterar.

A localização dos sumidouros proposta é a representada na Figura 13.

7.2 Dimensionamento de sumidouros

Para uma rede de drenagem pluvial funcionar de um modo eficiente necessita de ter dispositivos interceptores que capturem a totalidade dos caudais escoados superficialmente, e assim evitar-se qualquer acumulação inconveniente de água ao nível do pavimento que favoreça “fenómenos de aquaplanagem” (IEP, 2001). No entanto, muitas vezes, estes dispositivos, que podem ser sarjetas ou sumidouros (ou uma solução híbrida entre as duas anteriores) são alvo de uma análise demasiado padronizada ou pouco cuidada.

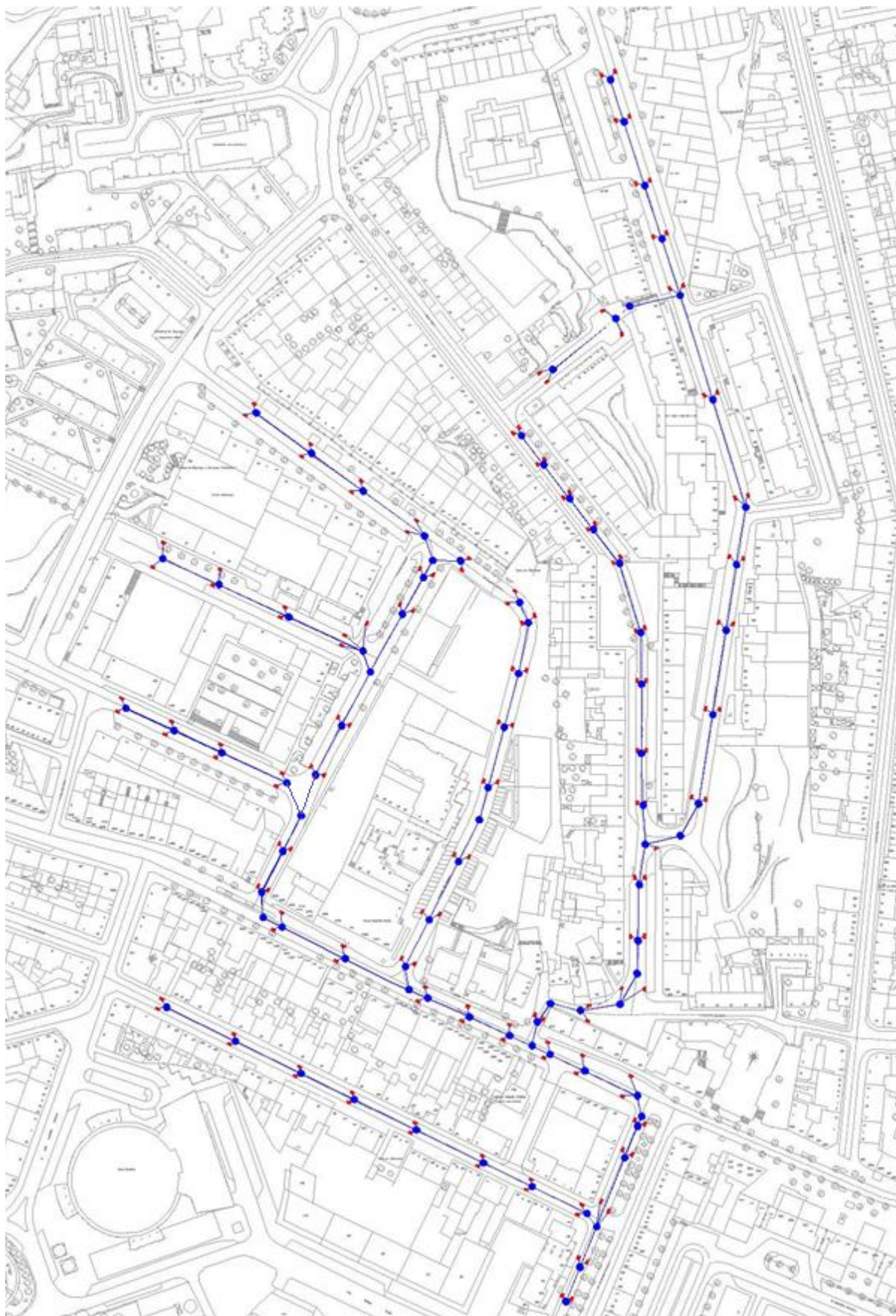


Figura 13 – Planta de localização de sumidouros

O regulamento em vigor indica as dimensões mínimas de sumidouros a adotar, nomeadamente quanto às dimensões da grade, sendo omissa nas restantes características geométricas, nomeadamente:

“Largura da grade – 35cm;

Comprimento da grade – 60 cm.

As grades dos sumidouros devem ter as barras de direção do escoamento, reduzindo-se ao mínimo o número de barras transversais.

A área útil de escoamento dos sumidouros deve ter um valor mínimo de um terço da área total da grade.”

A verificação da eficiência do funcionamento de sumidouros deve estar de acordo com o ponto 3 do Artigo 165.º do Regulamento, que estabelece que “no escoamento das águas pluviais nas valetas devem ser ponderados, cumulativamente, para períodos de retorno de 2 a 10 anos, os critérios seguintes:

- a) Critério de transbordamento;
- b) Critério de limitação de velocidade;
- c) Critério de limitação da largura máxima da lâmina de água na valeta junto ao lancil.”

7.2.1 Método de cálculo

O escoamento superficial é calculado com recurso à fórmula de Manning-Strickler, e o modo como é captado por um sumidouro pode ser representado pela Figura 14 (Sousa et al., 2007)

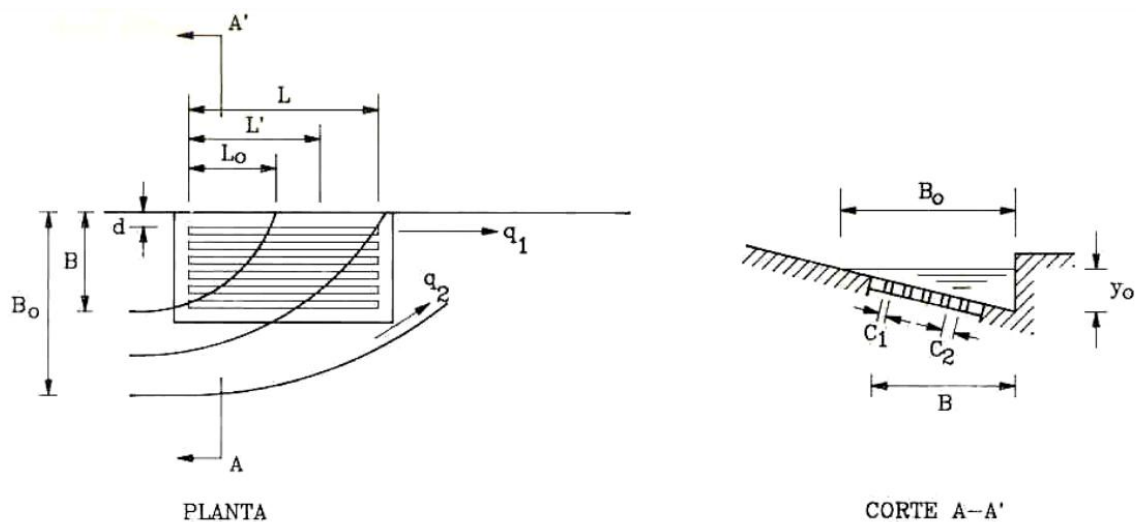


Figura 14 – Esquema de sumidouro

A altura de escoamento é determinada pela expressão:

$$y_0 = \frac{1.542 \times Q^{3/8} \times \left(\frac{1}{K_s}\right)^{3/8}}{\tan \theta_0^{3/8} \times J^{3/16}} \quad (\text{m})$$

Onde:

Q – Caudal escoado à superfície do arruamento

Ks – coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler

θ - ângulo entre o lancil e o corte transversal da via

J – perda de carga unitária da fórmula de Manning Strickler

A primeira verificação prevista no Regulamento faz-se com a altura de escoamento. O mesmo refere que “impõe-se que a altura máxima da lâmina de água junto ao passeio seja a da altura do lancil deduzida de 2 cm para folga, logo:

$$y_0 \leq y - 0.2 \quad (\text{m})$$

O segundo critério, também previsto na legislação em vigor está relacionado com a velocidade de escoamento, que deverá ser inferior a 3 m/s de modo a evitar o desgaste do pavimento. Esta velocidade de escoamento calcula-se por:

$$V_0 = \frac{Q_0}{A_0} \quad (\text{m/s})$$

Q_0 - caudal que aflui a cada sumidouro (metade do caudal sobre o arruamento)

O último critério limita a largura máxima do escoamento junto ao lancil para um metro. Esta grandeza é calculada por:

$$B_0 = \frac{y_0}{i_t} \quad (\text{m})$$

Pode-se também quantificar a eficiência de cada sumidouro, esta quantificação expressa em percentagem permite aferir com mais rigor a necessidade de melhorar ou reforçar o órgão de captação de águas pluviais. Esta eficiência hidráulica é determinada pela expressão:

$$E_f = \frac{Q}{Q_0} \times 100 \quad (\%)$$

Com:

$$Q = Q_0 - q \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Com:

q – caudal não captado (m^3/s)

Este caudal não captado é resultado da soma do escoamento entre a primeira abertura da grade e o passeio (q_1), com o escoamento exterior à grade, pelo arruamento (q_2) e o escoamento sobre a própria grade, e que prossegue para jusante (q_3) (Figura 14) (Marques et al., 2013 e Sousa et al, 2007):

Para que o sumidouro capte todo o caudal que passa sobre ele (anulando-se o caudal q_3) é necessário que o seu comprimento tenha um certo valor designado por comprimento útil (L_0). Por outro lado, para anular o caudal q_2 é necessário que o

sumidouro tenha um comprimento superior a um outro valor designado por comprimento crítico (L'). Os caudais q1 e q2 podem ser calculados pelas expressões seguintes:

$$\begin{cases} q_1 = 6.0 \times V_0^2 \times d^3 \times \frac{(y_0/g)^{1/2}}{L^2} \\ q_2 = [(L' - L)/4] \times g^{1/2} \times y'^{3/2} \end{cases} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Com:

L – comprimento do sumidouro (m)

d – distância entre o lancil e a primeira abertura da grade (m)

L' – comprimento do escoamento crítico (para garantir q2=0) (m)

y' – altura de escoamento crítico (m)

y0 – altura de escoamento (m)

O comprimento útil do sumidouro, para garantir que o caudal q3 é nulo, é determinado pela expressão:

$$L_0 = m \times V_0 \times \left(\frac{y_0}{g}\right)^{1/2} \quad (\text{m})$$

Onde:

m – constante empírica (4, se a grade do sumidouro não contiver barras transversais, e igual a 8, no caso de ter três daquelas barras) (Sousa et al., 2007)

g – aceleração da gravidade (m/s²)

O comprimento crítico é calculado por:

$$L' = 1.2 \times \tan \theta_0 \times V_0 \times \left(\frac{y'}{g}\right)^{1/2} \quad (\text{m})$$

Onde:

y' – altura de escoamento crítico, calculado por:

$$y' = y_0 - \left(\frac{B}{\tan \theta_0} \right) \quad (\text{m})$$

Para garantir a eficiência de captação de água dos sumidouros, deve assegurar-se que o caudal q_3 que passa sobre o dispositivo e não é captado seja nulo. Tal é garantido com o dimensionamento do comprimento para que seja maior que L_0 .

7.2.2 Características geométricas de sumidouros e arruamentos

O Regulamento em vigor refere as dimensões mínimas de sumidouros, dimensões estas que foram as consideradas para a primeira verificação da eficiência hídrica. As características geométricas do arruamento, nomeadamente inclinações longitudinais e transversais, e altura do espelho de lancil, foram obtidas pela análise dos perfis longitudinais do arruamento e perfil transversal tipo para cada arruamento.

O outro dado representado é o caudal afluente a cada sumidouro, tendo sido considerado metade de cada um dos caudais afluentes a cada caixa. Esta simplificação de cálculo deve-se à existência de simetria no arruamento.

Na Tabela 30 apresenta-se as características geométricas dos sumidouros com as dimensões mínimas regulamentares.

Tabela 30 - Características geométricas de sumidouros e arruamentos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Inclinação terreno	Q/sum	Sumidouro		Via					
					B	L	Ks	I transv	I Long	Θ	h lancil	
				m3/s	m	m		%	%	(rad)	(m)	
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	5.73%	0.141	0.35	0.6	75	2.50%	5.73%	1.55	0.12	
		P1.2	6.16%	0.288	0.35	0.6	75	2.50%	6.16%	1.55	0.12	
		P1.3	4.42%	0.185	0.35	0.6	75	2.50%	4.42%	1.55	0.12	
		P1.4	2.27%	0.158	0.35	0.6	75	2.50%	2.27%	1.55	0.12	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	1.51%	0.064	0.35	0.6	75	2.50%	1.51%	1.55	0.12	
		P2.2	5.96%	0.173	0.35	0.6	75	2.50%	5.96%	1.55	0.12	
		P2.3	6.61%	0.197	0.35	0.6	75	2.50%	6.61%	1.55	0.12	
		P2.4	0.36%	0.102	0.35	0.6	75	2.50%	0.36%	1.55	0.12	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	1.54%	0.035	0.35	0.6	75	2.50%	1.54%	1.55	0.12	
		P3.2	1.67%	0.114	0.35	0.6	75	2.50%	1.67%	1.55	0.12	
		P3.3	0.54%	0.086	0.35	0.6	75	2.50%	0.54%	1.55	0.12	
		P3.4	2.01%	0.154	0.35	0.6	75	2.50%	2.01%	1.55	0.12	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	2.20%	0.072	0.35	0.6	75	2.50%	2.20%	1.55	0.12	
		P4.2	(*)									
		P4.3	5.10%	0.105	0.35	0.6	75	2.50%	5.10%	1.55	0.12	
		P4.4	9.06%	0.079	0.35	0.6	75	2.50%	9.06%	1.55	0.12	
		P4.5	(*)									
		P4.6	6.97%	0.205	0.35	0.6	75	2.50%	6.97%	1.55	0.12	
		P4.7	4.68%	0.120	0.35	0.6	75	2.50%	4.68%	1.55	0.12	
		P4.8	(*)									
		P4.9	3.69%	0.149	0.35	0.6	75	2.50%	3.69%	1.55	0.12	
		P4.10	5.59%	0.111	0.35	0.6	75	2.50%	5.59%	1.55	0.12	

Tabela 30 - Características geométricas de sumidouros e arruamentos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Inclinação terreno	Q/sum	Sumidouro		Via					
					B	L	Ks	I transv	I Long	Θ	h lancil	
					m3/s	m	m	%	%	(rad)	(m)	
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	2.63%	0.036	0.35	0.6	75	2.50%	2.63%	1.55	0.12	
		P5.2	4.35%	0.067	0.35	0.6	75	2.50%	4.35%	1.55	0.12	
		P5.3	9.29%	0.081	0.35	0.6	75	2.50%	9.29%	1.55	0.12	
		P5.4	8.20%	0.125	0.35	0.6	75	2.50%	8.20%	1.55	0.12	
		P5.5	6.14%	0.163	0.35	0.6	75	2.50%	6.14%	1.55	0.12	
		P5.6	(*)									
		P5.7	6.25%	0.207	0.35	0.6	75	2.50%	6.25%	1.55	0.12	
		P5.8	6.23%	0.210	0.35	0.6	75	2.50%	6.23%	1.55	0.12	
		P5.9	3.76%	0.176	0.35	0.6	75	2.50%	3.76%	1.55	0.12	
Calçada do Tojal	6	P6.1	8.07%	0.078	0.35	0.6	75	2.50%	8.07%	1.55	0.12	
		P6.2	7.28%	0.094	0.35	0.6	75	2.50%	7.28%	1.55	0.12	
		P6.3	8.58%	0.093	0.35	0.6	75	2.50%	8.58%	1.55	0.12	
		P6.4	7.51%	0.093	0.35	0.6	75	2.50%	7.51%	1.55	0.12	
		P6.5	7.49%	0.095	0.35	0.6	75	2.50%	7.49%	1.55	0.12	
		P6.6	7.51%	0.144	0.35	0.6	75	2.50%	7.51%	1.55	0.12	
		P6.7	4.73%	0.115	0.35	0.6	75	2.50%	4.73%	1.55	0.12	
		P6.8	4.43%	0.138	0.35	0.6	75	2.50%	4.43%	1.55	0.12	
		P6.9	4.93%	0.120	0.35	0.6	75	2.50%	4.93%	1.55	0.12	
		P6.10	6.52%	0.045	0.35	0.6	75	2.50%	6.52%	1.55	0.12	
		P6.11	7.84%	0.184	0.35	0.6	75	2.50%	7.84%	1.55	0.12	
		P6.12	12.57%	0.194	0.35	0.6	75	2.50%	12.57%	1.55	0.12	
		P6.13	(*)									
		P6.14	12.09%	0.132	0.35	0.6	75	2.50%	12.09%	1.55	0.12	

Tabela 30 - Características geométricas de sumidouros e arruamentos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Inclinação terreno	Q/sum	Sumidouro		Via				
					B	L	Ks	I transv	I Long	Θ	h lancil
				m3/s	m	m		%	%	(rad)	(m)
Calçada do Tojal	6	P6.15	10.83%	0.149	0.35	0.6	75	2.50%	10.83%	1.55	0.12
		P6.16	(*)								
		P6.17	8.81%	0.088	0.35	0.6	75	2.50%	8.81%	1.55	0.12
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	11.86%	0.053	0.35	0.6	75	2.50%	11.86%	1.55	0.12
		P7.2	7.69%	0.099	0.35	0.6	75	2.50%	7.69%	1.55	0.12
		P7.3	(*)								
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.89%	0.168	0.35	0.6	75	2.50%	0.89%	1.55	0.12
		P8.2	3.16%	0.287	0.35	0.6	75	2.50%	3.16%	1.55	0.12
		P8.3	3.80%	0.326	0.35	0.6	75	2.50%	3.80%	1.55	0.12
		P8.4	4.31%	0.281	0.35	0.6	75	2.50%	4.31%	1.55	0.12
		P8.5	3.52%	0.251	0.35	0.6	75	2.50%	3.52%	1.55	0.12
		P8.6	2.70%	0.231	0.35	0.6	75	2.50%	2.70%	1.55	0.12
		P8.7	3.32%	0.227	0.35	0.6	75	2.50%	3.32%	1.55	0.12
		P8.8	0.51%	0.082	0.35	0.6	75	2.50%	0.51%	1.55	0.12
		P8.9	0.97%	0.091	0.35	0.6	75	2.50%	0.97%	1.55	0.12
		P8.10	0.70%	0.089	0.35	0.6	75	2.50%	0.70%	1.55	0.12
		P8.11	0.58%	0.081	0.35	0.6	75	2.50%	0.58%	1.55	0.12
P8.12	(*)										
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.32%	0.059	0.35	0.6	75	2.50%	0.32%	1.55	0.12
		P9.2	0.54%	0.102	0.35	0.6	75	2.50%	0.54%	1.55	0.12
		P9.3	0.27%	0.085	0.35	0.6	75	2.50%	0.27%	1.55	0.12
		P9.4	0.20%	0.069	0.35	0.6	75	2.50%	0.20%	1.55	0.12
		P9.5	0.40%	0.089	0.35	0.6	75	2.50%	0.40%	1.55	0.12

Tabela 30 - Características geométricas de sumidouros e arruamentos

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Inclinação terreno	Q/sum	Sumidouro		Via				
					B	L	Ks	I transv	I Long	Θ	h lancil
				m3/s	m	m		%	%	(rad)	(m)
Rua Emília das Neves	9	P9.6	0.20%	0.080	0.35	0.6	75	2.50%	0.20%	1.55	0.12
		P9.7	0.33%	0.075	0.35	0.6	75	2.50%	0.33%	1.55	0.12
		P9.8	0.30%	0.071	0.35	0.6	75	2.50%	0.30%	1.55	0.12
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)								
		P10.2	0.57%	0.032	0.35	0.6	75	2.50%	0.57%	1.55	0.12
		P10.3	0.54%	0.014	0.35	0.6	75	2.50%	0.54%	1.55	0.12
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)								
		P11.2	0.50%	0.099	0.35	0.6	75	2.50%	0.50%	1.55	0.12
		P11.3	0.70%	0.059	0.35	0.6	75	2.50%	0.70%	1.55	0.12
		P11.4	0.00%	0.000							0.12
		P11.5	0.26%	0.052	0.35	0.6	75	2.50%	0.26%	1.55	0.12
		P11.6	0.27%	0.037	0.35	0.6	75	2.50%	0.27%	1.55	0.12
		P11.7	0.51%	0.042	0.35	0.6	75	2.50%	0.51%	1.55	0.12
		P11.8	(*)								
		P11.9	0.44%	0.038	0.35	0.6	75	2.50%	0.44%	1.55	0.12
		P11.10	0.21%	0.031	0.35	0.6	75	2.50%	0.21%	1.55	0.12
P11.11	0.53%	0.050	0.35	0.6	75	2.50%	0.53%	1.55	0.12		
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.36%	0.021	0.35	0.6	75	2.50%	0.36%	1.55	0.12
		P12.2	0.02%	0.005	0.35	0.6	75	2.50%	0.02%	1.55	0.12
		P12.3	0.02%	0.010	0.35	0.6	75	2.50%	0.02%	1.55	0.12

7.2.3 Verificação de eficiência hídrica

Com a aplicação dos pontos 7.2.1 e 7.2.2 anteriores foi possível proceder às verificações representadas na Tabela 31 e na Tabela 32.

Na Tabela 31 é efetuada a verificação da altura e largura do escoamento, sendo que a largura de escoamento B_0 teria de ser inferior de 1.0m e a altura teria de ser 2cm inferior à altura do lancil, que foi considerado de 12 cm em todos os troços.

Na Tabela 32 foi efetuada a verificação se a velocidade de escoamento era inferior a 3m/s, e do comprimento útil do sumidouro.

Como se pode verificar com a análise da Tabela 31 e da Tabela 32 conclui-se que a altura e velocidade de escoamento estão dentro dos limites regulamentares em todos os troços dos coletores, no entanto a largura de escoamento não verifica em nenhum dos casos, e o comprimento útil dos sumidouros é em parte dos casos superior ao comprimento proposto dos sumidouros.

A Tabela 33 apresenta a relação entre os caudais existentes, nas suas componentes de escoamento entre a primeira abertura da grade e o passeio (q_1) e de escoamento exterior à grade, pelo arruamento (q_2), e o caudal captado pela grade. Esta relação permite-nos obter uma percentagem de eficácia de cada órgão de captação.

Tabela 31 - Verificação de altura e largura de escoamento

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura do escoamento						Largura do escoamento		
			Q/sum	Ks	I Long %	Θ (rad)	y0 m	Verificação	B0 m	Verificação	
			m3/s					y0		B0	
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	0.141	75	5.73%	1.55	0.06	Verifica	2.51	Não Verifica	
		P1.2	0.288	75	6.16%	1.55	0.08	Verifica	3.24	Não Verifica	
		P1.3	0.185	75	4.42%	1.55	0.07	Verifica	2.92	Não Verifica	
		P1.4	0.158	75	2.27%	1.55	0.08	Verifica	3.12	Não Verifica	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.064	75	1.51%	1.55	0.06	Verifica	2.40	Não Verifica	
		P2.2	0.173	75	5.96%	1.55	0.07	Verifica	2.69	Não Verifica	
		P2.3	0.197	75	6.61%	1.55	0.07	Verifica	2.77	Não Verifica	
		P2.4	0.102	75	0.36%	1.55	0.09	Verifica	3.74	Não Verifica	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.035	75	1.54%	1.55	0.05	Verifica	1.90	Não Verifica	
		P3.2	0.114	75	1.67%	1.55	0.07	Verifica	2.93	Não Verifica	
		P3.3	0.086	75	0.54%	1.55	0.08	Verifica	3.25	Não Verifica	
		P3.4	0.154	75	2.01%	1.55	0.08	Verifica	3.16	Não Verifica	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	0.072	75	2.20%	1.55	0.06	Verifica	2.33	Não Verifica	
		P4.2	(*)								
		P4.3	0.105	75	5.10%	1.55	0.06	Verifica	2.30	Não Verifica	
		P4.4	0.079	75	9.06%	1.55	0.05	Verifica	1.85	Não Verifica	
		P4.5	(*)								
		P4.6	0.205	75	6.97%	1.55	0.07	Verifica	2.79	Não Verifica	
		P4.7	0.120	75	4.68%	1.55	0.06	Verifica	2.46	Não Verifica	
		P4.8	(*)								
		P4.9	0.149	75	3.69%	1.55	0.07	Verifica	2.79	Não Verifica	
		P4.10	0.111	75	5.59%	1.55	0.06	Verifica	2.31	Não Verifica	

Tabela 31 - Verificação de altura e largura de escoamento

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura do escoamento						Largura do escoamento		
			Q/sum	Ks	I Long	Θ	y0	Verificação	B0	Verificação	
			m3/s		%	(rad)	m	y0	m	B0	
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.036	75	2.63%	1.55	0.04	Verifica	1.75	Não Verifica	
		P5.2	0.067	75	4.35%	1.55	0.05	Verifica	2.00	Não Verifica	
		P5.3	0.081	75	9.29%	1.55	0.05	Verifica	1.87	Não Verifica	
		P5.4	0.125	75	8.20%	1.55	0.06	Verifica	2.24	Não Verifica	
		P5.5	0.163	75	6.14%	1.55	0.07	Verifica	2.62	Não Verifica	
		P5.6	(*)								
		P5.7	0.207	75	6.25%	1.55	0.07	Verifica	2.85	Não Verifica	
		P5.8	0.210	75	6.23%	1.55	0.07	Verifica	2.87	Não Verifica	
		P5.9	0.176	75	3.76%	1.55	0.07	Verifica	2.95	Não Verifica	
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.078	75	8.07%	1.55	0.05	Verifica	1.89	Não Verifica	
		P6.2	0.094	75	7.28%	1.55	0.05	Verifica	2.06	Não Verifica	
		P6.3	0.093	75	8.58%	1.55	0.05	Verifica	2.00	Não Verifica	
		P6.4	0.093	75	7.51%	1.55	0.05	Verifica	2.04	Não Verifica	
		P6.5	0.095	75	7.49%	1.55	0.05	Verifica	2.06	Não Verifica	
		P6.6	0.144	75	7.51%	1.55	0.06	Verifica	2.40	Não Verifica	
		P6.7	0.115	75	4.73%	1.55	0.06	Verifica	2.41	Não Verifica	
		P6.8	0.138	75	4.43%	1.55	0.07	Verifica	2.62	Não Verifica	
		P6.9	0.120	75	4.93%	1.55	0.06	Verifica	2.43	Não Verifica	
		P6.10	0.045	75	6.52%	1.55	0.04	Verifica	1.59	Não Verifica	
		P6.11	0.184	75	7.84%	1.55	0.07	Verifica	2.62	Não Verifica	
		P6.12	0.194	75	12.57%	1.55	0.06	Verifica	2.45	Não Verifica	
		P6.13	(*)								
		P6.14	0.132	75	12.09%	1.55	0.05	Verifica	2.13	Não Verifica	

Tabela 31 - Verificação de altura e largura de escoamento

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura do escoamento					Largura do escoamento		
			Q/sum	Ks	I Long	Θ	y0	Verificação	B0	Verificação
			m3/s		%	(rad)	m			
		P6.15	0.149	75	10.83%	1.55	0.06	Verifica	2.28	Não Verifica
		P6.16	(*)							
		P6.17	0.088	75	8.81%	1.55	0.05	Verifica	1.94	Não Verifica
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.053	75	11.86%	1.55	0.04	Verifica	1.52	Não Verifica
		P7.2	0.099	75	7.69%	1.55	0.05	Verifica	2.08	Não Verifica
		P7.3	(*)							
		P8.1	0.168	75	0.89%	1.55	0.10	Verifica	3.81	Não Verifica
Rua Jorge Barradas	8	P8.2	0.287	75	3.16%	1.55	0.09	Verifica	3.67	Não Verifica
		P8.3	0.326	75	3.80%	1.55	0.09	Verifica	3.72	Não Verifica
		P8.4	0.281	75	4.31%	1.55	0.09	Verifica	3.43	Não Verifica
		P8.5	0.251	75	3.52%	1.55	0.09	Verifica	3.42	Não Verifica
		P8.6	0.231	75	2.70%	1.55	0.09	Verifica	3.48	Não Verifica
		P8.7	0.227	75	3.32%	1.55	0.08	Verifica	3.33	Não Verifica
		P8.8	0.082	75	0.51%	1.55	0.08	Verifica	3.23	Não Verifica
		P8.9	0.091	75	0.97%	1.55	0.07	Verifica	2.97	Não Verifica
		P8.10	0.089	75	0.70%	1.55	0.08	Verifica	3.13	Não Verifica
		P8.11	0.081	75	0.58%	1.55	0.08	Verifica	3.14	Não Verifica
		P8.12	(*)							
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.059	75	0.32%	1.55	0.08	Verifica	3.11	Não Verifica
		P9.2	0.102	75	0.54%	1.55	0.09	Verifica	3.47	Não Verifica
		P9.3	0.085	75	0.27%	1.55	0.09	Verifica	3.69	Não Verifica
		P9.4	0.069	75	0.20%	1.55	0.09	Verifica	3.59	Não Verifica
		P9.5	0.089	75	0.40%	1.55	0.09	Verifica	3.48	Não Verifica

Tabela 31 - Verificação de altura e largura de escoamento

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura do escoamento						Largura do escoamento	
			Q/sum	Ks	I Long	Θ	y0	Verificação	B0	Verificação
			m3/s		%	(rad)	m	y0	m	B0
Rua Emília das Neves	9	P9.6	0.080	75	0.20%	1.55	0.10	Verifica	3.83	Não Verifica
		P9.7	0.075	75	0.33%	1.55	0.08	Verifica	3.39	Não Verifica
		P9.8	0.071	75	0.30%	1.55	0.08	Verifica	3.39	Não Verifica
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)							
		P10.2	0.032	75	0.57%	1.55	0.06	Verifica	2.21	Não Verifica
		P10.3	0.014	75	0.54%	1.55	0.04	Verifica	1.65	Não Verifica
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)							
		P11.2	0.099	75	0.50%	1.55	0.09	Verifica	3.48	Não Verifica
		P11.3	0.059	75	0.70%	1.55	0.07	Verifica	2.69	Não Verifica
		P11.4	(*)							
		P11.5	0.052	75	0.26%	1.55	0.08	Verifica	3.09	Não Verifica
		P11.6	0.037	75	0.27%	1.55	0.07	Verifica	2.68	Não Verifica
		P11.7	0.042	75	0.51%	1.55	0.06	Verifica	2.50	Não Verifica
		P11.8	(*)							
		P11.9	0.038	75	0.44%	1.55	0.06	Verifica	2.47	Não Verifica
		P11.10	0.031	75	0.21%	1.55	0.07	Verifica	2.66	Não Verifica
P11.11	0.050	75	0.53%	1.55	0.07	Verifica	2.66	Não Verifica		
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.021	75	0.36%	1.55	0.05	Verifica	2.08	Não Verifica
		P12.2	0.005	75	0.02%	1.55	0.05	Verifica	2.08	Não Verifica
		P12.3	0.010	75	0.02%	1.55	0.07	Verifica	2.87	Não Verifica

Tabela 32 - Verificação de velocidade de escoamento e de comprimento útil

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Area de Escoamento	Velocidade do escoamento		Coeficiente m		Comprimento útil do sumidouro	
			A0 m ²	V0 m/s	Verificação	Barras T (S/N)	m	L0 m	Verificação
					V0				L0
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	0.0790	1.79	Verifica	s	8	1.15	Não Verifica
		P1.2	0.1311	2.20	Verifica	s	8	1.60	Não Verifica
		P1.3	0.1067	1.74	Verifica	s	8	1.20	Não Verifica
		P1.4	0.1217	1.30	Verifica	s	8	0.93	Não Verifica
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.0721	0.89	Verifica	s	8	0.56	Verifica
		P2.2	0.0905	1.91	Verifica	s	8	1.26	Não Verifica
		P2.3	0.0959	2.05	Verifica	s	8	1.38	Não Verifica
		P2.4	0.1749	0.59	Verifica	s	8	0.46	Verifica
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.0454	0.77	Verifica	s	8	0.43	Verifica
		P3.2	0.1070	1.07	Verifica	s	8	0.74	Não Verifica
		P3.3	0.1321	0.65	Verifica	s	8	0.47	Verifica
		P3.4	0.1247	1.23	Verifica	s	8	0.89	Não Verifica
Rua Maria Lalande	4	P4.1	0.0679	1.05	Verifica	s	8	0.65	Não Verifica
		P4.2	(*)						
		P4.3	0.0659	1.59	Verifica	s	8	0.97	Não Verifica
		P4.4	0.0429	1.83	Verifica	s	8	1.01	Não Verifica
		P4.5	(*)						
		P4.6	0.0970	2.11	Verifica	s	8	1.42	Não Verifica
		P4.7	0.0754	1.59	Verifica	s	8	1.01	Não Verifica
		P4.8	(*)						
		P4.9	0.0972	1.54	Verifica	s	8	1.04	Não Verifica
		P4.10	0.0665	1.67	Verifica	s	8	1.02	Não Verifica

Tabela 32 - Verificação de velocidade de escoamento e de comprimento útil

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa n°	Area de Escoamento	Velocidade do escoamento		Coeficiente m		Comprimento útil do sumidouro		
			A0	V0	Verificação	Barras T	m	L0	Verificação	
			m²	m/s						V0
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.0383	0.95	Verifica	s	8	0.51	Verifica	
		P5.2	0.0500	1.34	Verifica	s	8	0.76	Não Verifica	
		P5.3	0.0436	1.87	Verifica	s	8	1.03	Não Verifica	
		P5.4	0.0628	1.98	Verifica	s	8	1.20	Não Verifica	
		P5.5	0.0859	1.90	Verifica	s	8	1.24	Não Verifica	
		P5.6	(*)							
		P5.7	0.1019	2.03	Verifica	s	8	1.39	Não Verifica	
		P5.8	0.1031	2.04	Verifica	s	8	1.39	Não Verifica	
		P5.9	0.1091	1.61	Verifica	s	8	1.12	Não Verifica	
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.0446	1.75	Verifica	s	8	0.97	Não Verifica	
		P6.2	0.0532	1.77	Verifica	s	8	1.03	Não Verifica	
		P6.3	0.0498	1.88	Verifica	s	8	1.07	Não Verifica	
		P6.4	0.0522	1.78	Verifica	s	8	1.03	Não Verifica	
		P6.5	0.0529	1.79	Verifica	s	8	1.04	Não Verifica	
		P6.6	0.0722	1.99	Verifica	s	8	1.24	Não Verifica	
		P6.7	0.0728	1.58	Verifica	s	8	0.99	Não Verifica	
		P6.8	0.0857	1.62	Verifica	s	8	1.06	Não Verifica	
		P6.9	0.0740	1.62	Verifica	s	8	1.02	Não Verifica	
		P6.10	0.0316	1.41	Verifica	s	8	0.72	Não Verifica	
		P6.11	0.0856	2.15	Verifica	s	8	1.40	Não Verifica	
		P6.12	0.0747	2.60	Verifica	s	8	1.64	Não Verifica	
		P6.13	(*)							
		P6.14	0.0566	2.32	Verifica	s	8	1.37	Não Verifica	

Tabela 32 - Verificação de velocidade de escoamento e de comprimento útil

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa n°	Area de Escoamento	Velocidade do escoamento		Coeficiente m		Comprimento útil do sumidouro	
			A0	V0	Verificação	Barras T	m	L0	Verificação
			m ²	m/s					
Calçada do Tojal	6	P6.15	0.0649	2.30	Verifica	s	8	1.40	Não Verifica
		P6.16	(*)						
		P6.17	0.0471	1.87	Verifica	s	8	1.05	Não Verifica
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.0288	1.84	Verifica	s	8	0.91	Não Verifica
		P7.2	0.0542	1.83	Verifica	s	8	1.06	Não Verifica
		P7.3	(*)						
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.1810	0.93	Verifica	s	8	0.73	Não Verifica
		P8.2	0.1680	1.71	Verifica	s	8	1.32	Não Verifica
		P8.3	0.1727	1.89	Verifica	s	8	1.47	Não Verifica
		P8.4	0.1474	1.91	Verifica	s	8	1.43	Não Verifica
		P8.5	0.1458	1.72	Verifica	s	8	1.28	Não Verifica
		P8.6	0.1515	1.53	Verifica	s	8	1.15	Não Verifica
		P8.7	0.1383	1.64	Verifica	s	8	1.21	Não Verifica
		P8.8	0.1304	0.63	Verifica	s	8	0.46	Verifica
		P8.9	0.1105	0.82	Verifica	s	8	0.57	Verifica
		P8.10	0.1228	0.73	Verifica	s	8	0.52	Verifica
		P8.11	0.1236	0.66	Verifica	s	8	0.47	Verifica
		P8.12	(*)						
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.1210	0.49	Verifica	s	8	0.35	Verifica
		P9.2	0.1503	0.68	Verifica	s	8	0.51	Verifica
		P9.3	0.1702	0.50	Verifica	s	8	0.39	Verifica
		P9.4	0.1615	0.43	Verifica	s	8	0.33	Verifica
		P9.5	0.1510	0.59	Verifica	s	8	0.44	Verifica

Tabela 32 - Verificação de velocidade de escoamento e de comprimento útil

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Area de Escoamento	Velocidade do escoamento		Coeficiente m		Comprimento útil do sumidouro	
			A0	V0	Verificação	Barras T	m	L0	Verificação
			m ²	m/s					
Rua Emília das Neves	9	P9.6	0.1835	0.44	Verifica	s	8	0.35	Verifica
		P9.7	0.1437	0.52	Verifica	s	8	0.39	Verifica
		P9.8	0.1433	0.50	Verifica	s	8	0.37	Verifica
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)						
		P10.2	0.0612	0.52	Verifica	s	8	0.31	Verifica
		P10.3	0.0342	0.42	Verifica	s	8	0.22	Verifica
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)						
		P11.2	0.1510	0.65	Verifica	s	8	0.49	Verifica
		P11.3	0.0903	0.65	Verifica	s	8	0.43	Verifica
		P11.4	(*)						
		P11.5	0.1192	0.43	Verifica	s	8	0.31	Verifica
		P11.6	0.0900	0.41	Verifica	s	8	0.27	Verifica
		P11.7	0.0782	0.53	Verifica	s	8	0.34	Verifica
		P11.8	(*)						
		P11.9	0.0764	0.49	Verifica	s	8	0.31	Verifica
		P11.10	0.0882	0.35	Verifica	s	8	0.23	Verifica
		P11.11	0.0881	0.56	Verifica	s	8	0.37	Verifica
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.0542	0.40	Verifica	s	8	0.23	Verifica
		P12.2	0.0541	0.10	Verifica	s	8	0.06	Verifica
		P12.3	0.1032	0.10	Verifica	s	8	0.07	Verifica

Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura crítica (m)	Comprimento crítico (m)	Distancia entre o lancil e a primeira abertura da grade (m³/s)	Escoamento entre a primeira abertura da grade e o lancil (m³/s)	Escoamento exterior à grade, pelo arruamento (m³/s)	q=q1+q2 (m³/s)	Caudal captado (m3/s)	Eficiencia Hidraulica (%)	
			y'								Q=Q0-q (m3/s)
			m						L'		d
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	0.05	6.37	0.05	0.00053	0.05693	0.05746	0.084	59%	
		P1.2	0.07	9.04	0.05	0.00091	0.12827	0.12918	0.159	55%	
		P1.3	0.06	6.75	0.05	0.00054	0.07847	0.07901	0.106	57%	
		P1.4	0.07	5.24	0.05	0.00031	0.06626	0.06657	0.092	58%	
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.05	3.09	0.05	0.00013	0.02270	0.02283	0.041	65%	
		P2.2	0.06	7.08	0.05	0.00063	0.07182	0.07245	0.100	58%	
		P2.3	0.06	7.73	0.05	0.00074	0.08303	0.08377	0.113	57%	
		P2.4	0.08	2.61	0.05	0.00007	0.03890	0.03897	0.063	62%	
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.04	2.33	0.05	0.00009	0.01039	0.01047	0.025	70%	
		P3.2	0.06	4.15	0.05	0.00020	0.04542	0.04562	0.069	60%	
		P3.3	0.07	2.68	0.05	0.00008	0.03188	0.03196	0.054	63%	
		P3.4	0.07	5.01	0.05	0.00028	0.06428	0.06457	0.089	58%	
Rua Maria Lalande	4	P4.1	0.05	3.60	0.05	0.00018	0.02585	0.02603	0.046	64%	
		P4.2	(*)								
		P4.3	0.05	5.37	0.05	0.00040	0.04004	0.04044	0.064	61%	
		P4.4	0.04	5.45	0.05	0.00048	0.02766	0.02814	0.051	64%	
		P4.5	(*)								
		P4.6	0.06	7.98	0.05	0.00078	0.08687	0.08765	0.117	57%	
		P4.7	0.05	5.60	0.05	0.00042	0.04723	0.04765	0.072	60%	
		P4.8	(*)								

Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura crítica (m)	Comprimento crítico (m)	Distancia entre o lancil e a primeira abertura da grade (m³/s)	Escoamento entre a primeira abertura da grade e o lancil (m³/s)	Escoamento exterior à grade, pelo arruamento (m³/s)	q=q1+q2 (m³/s)	Caudal captado (m3/s)	Eficiencia Hidraulica (%)	
			y'						Q=Q0-q (m3/s)		
			m		L'	d	q1		q2		
Rua Maria Lalande	4	P4.9	0.06	5.82	0.05	0.00042	0.06150	0.06191	0.088	59%	
		P4.10	0.05	5.65	0.05	0.00044	0.04279	0.04323	0.068	61%	
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.03	2.73	0.05	0.00013	0.01091	0.01103	0.025	70%	
		P5.2	0.04	4.17	0.05	0.00027	0.02340	0.02367	0.043	65%	
		P5.3	0.04	5.58	0.05	0.00050	0.02881	0.02931	0.052	64%	
		P5.4	0.05	6.61	0.05	0.00062	0.04839	0.04900	0.076	61%	
		P5.5	0.06	6.95	0.05	0.00062	0.06726	0.06788	0.096	58%	
		P5.6	(*)								
		P5.7	0.06	7.80	0.05	0.00074	0.08836	0.08909	0.118	57%	
		P5.8	0.06	7.84	0.05	0.00074	0.08975	0.09049	0.120	57%	
		P5.9	0.07	6.31	0.05	0.00047	0.07429	0.07476	0.101	58%	
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.04	5.28	0.05	0.00045	0.02766	0.02811	0.050	64%	
		P6.2	0.04	5.61	0.05	0.00047	0.03477	0.03524	0.059	63%	
		P6.3	0.04	5.83	0.05	0.00052	0.03422	0.03474	0.059	63%	
		P6.4	0.04	5.63	0.05	0.00048	0.03431	0.03478	0.058	63%	
		P6.5	0.04	5.67	0.05	0.00048	0.03499	0.03548	0.059	63%	
		P6.6	0.05	6.90	0.05	0.00064	0.05739	0.05803	0.085	60%	
		P6.7	0.05	5.50	0.05	0.00041	0.04497	0.04538	0.070	61%	
		P6.8	0.06	5.89	0.05	0.00044	0.05597	0.05641	0.082	59%	
		P6.9	0.05	5.67	0.05	0.00043	0.04720	0.04763	0.072	60%	
		P6.10	0.03	3.80	0.05	0.00026	0.01368	0.01395	0.031	69%	

Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura crítica (m)	Comprimento crítico (m)	Distancia entre o lancil e a primeira abertura da grade (m³/s)	Escoamento entre a primeira abertura da grade e o lancil (m³/s)	Escoamento exterior à grade, pelo arruamento (m³/s)	q=q1+q2 (m³/s)	Caudal captado (m3/s) Q=Q0-q (m3/s)	Eficiencia Hidraulica (%)	
			y'								
			m								
Calçada do Tojal	6	P6.11	0.06	7.84	0.05	0.00079	0.07648	0.07727	0.107	58%	
		P6.12	0.05	9.12	0.05	0.00111	0.08000	0.08111	0.113	58%	
		P6.13	(*)								
		P6.14	0.04	7.51	0.05	0.00083	0.05073	0.05156	0.080	61%	
		P6.15	0.05	7.75	0.05	0.00084	0.05920	0.06004	0.089	60%	
		P6.16	(*)								
		P6.17	0.04	5.71	0.05	0.00051	0.03175	0.03226	0.056	63%	
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.03	4.81	0.05	0.00044	0.01644	0.01688	0.036	68%	
		P7.2	0.04	5.83	0.05	0.00051	0.03688	0.03739	0.062	62%	
		P7.3	(*)								
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.09	4.18	0.05	0.00018	0.07122	0.07139	0.097	58%	
		P8.2	0.08	7.54	0.05	0.00059	0.12970	0.13029	0.157	55%	
		P8.3	0.08	8.41	0.05	0.00072	0.14924	0.14996	0.176	54%	
		P8.4	0.08	8.12	0.05	0.00071	0.12611	0.12682	0.155	55%	
		P8.5	0.08	7.30	0.05	0.00058	0.11126	0.11184	0.139	55%	
		P8.6	0.08	6.54	0.05	0.00046	0.10194	0.10239	0.129	56%	
		P8.7	0.07	6.86	0.05	0.00052	0.09950	0.10001	0.127	56%	
		P8.8	0.07	2.60	0.05	0.00008	0.03019	0.03026	0.052	63%	
		P8.9	0.07	3.23	0.05	0.00012	0.03457	0.03469	0.056	62%	
		P8.10	0.07	2.94	0.05	0.00010	0.03359	0.03368	0.055	62%	
		P8.11	0.07	2.66	0.05	0.00008	0.02984	0.02992	0.051	63%	
		P8.12	(*)								

Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura crítica (m)	Comprimento crítico (m)	Distancia entre o lancil e a primeira abertura da grade (m³/s)	Escoamento entre a primeira abertura da grade e o lancil (m³/s)	Escoamento exterior à grade, pelo arruamento (m³/s)	q=q1+q2 (m³/s)	Caudal captado (m3/s)	Eficiencia Hidraulica (%)
			y'		d	q1	q2		Q=Q0-q (m3/s)	
			m		L'					
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.07	1.96	0.05	0.00004	0.01932	0.01937	0.040	67%
		P9.2	0.08	2.91	0.05	0.00009	0.03942	0.03951	0.063	61%
		P9.3	0.08	2.22	0.05	0.00005	0.03051	0.03056	0.055	64%
		P9.4	0.08	1.86	0.05	0.00004	0.02284	0.02288	0.046	67%
		P9.5	0.08	2.52	0.05	0.00007	0.03292	0.03299	0.056	63%
		P9.6	0.09	1.98	0.05	0.00004	0.02781	0.02785	0.053	65%
		P9.7	0.08	2.21	0.05	0.00005	0.02640	0.02645	0.049	65%
		P9.8	0.08	2.10	0.05	0.00005	0.02457	0.02462	0.047	65%
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)							
		P10.2	0.05	1.71	0.05	0.00004	0.00871	0.00875	0.023	72%
		P10.3	0.03	1.15	0.05	0.00002	0.00255	0.00258	0.012	82%
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)							
		P11.2	0.08	2.80	0.05	0.00008	0.03760	0.03768	0.061	62%
		P11.3	0.06	2.42	0.05	0.00007	0.02018	0.02026	0.039	66%
		P11.4	(*)							
		P11.5	0.07	1.74	0.05	0.00003	0.01594	0.01598	0.036	69%
		P11.6	0.06	1.51	0.05	0.00003	0.01006	0.01009	0.027	73%
		P11.7	0.05	1.90	0.05	0.00005	0.01266	0.01270	0.029	70%
		P11.8	(*)							
		P11.9	0.05	1.73	0.05	0.00004	0.01086	0.01090	0.027	71%
		P11.10	0.06	1.29	0.05	0.00002	0.00752	0.00754	0.023	76%
		P11.11	0.06	2.08	0.05	0.00005	0.01598	0.01603	0.034	68%

Tabela 33 - Dados de cálculo e eficiência hidráulica

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Altura crítica (m)	Comprimento crítico (m)	Distancia entre o lancil e a primeira abertura da grade (m³/s)	Escoamento entre a primeira abertura da grade e o lancil (m³/s)	Escoamento exterior à grade, pelo arruamento (m³/s)	q=q1+q2 (m³/s)	Caudal captado (m3/s)	Eficiencia Hidraulica (%)
			y'						Q=Q0-q (m3/s)	
			m		L'	d	q1		q2	
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.04	1.26	0.05	0.00002	0.00469	0.00471	0.017	78%
		P12.2	0.04	0.31	0.05	0.00000	0.00202	0.00202	0.003	62%
		P12.3	0.06	0.39	0.05	0.00000	0.00267	0.00267	0.008	74%

Com a análise da Tabela 33 conclui-se que a eficiência hidráulica varia entre os 54% e os 82%, sendo que 42% tem uma eficiência inferior a 60% e 91% apresenta uma eficiência inferior a 70%. Para além do escoamento não verificar na totalidade dos troços a largura de escoamento, também a eficiência hidráulica não é a desejável.

7.2.4 Alteração de dimensionamento de sumidouros

Quando os critérios referidos anteriormente não são cumulativamente cumpridos, tem de se proceder a uma alteração na geometria do sumidouro, nomeadamente com a alteração do comprimento do sumidouro, e a introdução de um rebaixe que permita alterar as características do escoamento, promovendo a sua captação mais eficiente.

Na alteração do comprimento considerou-se igualar o comprimento do sumidouro ao comprimento útil referido na Tabela 32 quando se verificava que o primeiro era inferior ao segundo. Quando o comprimento era inferior ao comprimento útil optou-se por manter o comprimento regulamentar. Esta alteração é apresentada na Tabela 34.

Tabela 34 - Alteração de comprimento de sumidouro

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Comprimento útil do sumidouro		
			L0 m	Verificação	Comprimento de sumidouro final (m)
				L0	
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	1.15	Não Verifica	1.15
		P1.2	1.60	Não Verifica	1.60
		P1.3	1.20	Não Verifica	1.20
		P1.4	0.93	Não Verifica	0.93
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.56	Verifica	0.60
		P2.2	1.26	Não Verifica	1.26
		P2.3	1.38	Não Verifica	1.38
		P2.4	0.46	Verifica	0.60
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.43	Verifica	0.60
		P3.2	0.74	Não Verifica	0.74
		P3.3	0.47	Verifica	0.60

Tabela 34 - Alteração de comprimento de sumidouro

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Comprimento útil do sumidouro		
			L0 m	Verificação	Comprimento de sumidouro final (m)
				L0	
Rua Maria Lalande	4	P3.4	0.89	Não Verifica	0.89
		P4.1	0.65	Não Verifica	0.65
		P4.2	(*)		
		P4.3	0.97	Não Verifica	0.97
		P4.4	1.01	Não Verifica	1.01
		P4.5	(*)		
		P4.6	1.42	Não Verifica	1.42
		P4.7	1.01	Não Verifica	1.01
		P4.8	(*)		
		P4.9	1.04	Não Verifica	1.04
		P4.10	1.02	Não Verifica	1.02
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.51	Verifica	0.60
		P5.2	0.76	Não Verifica	0.76
		P5.3	1.03	Não Verifica	1.03
		P5.4	1.20	Não Verifica	1.20
		P5.5	1.24	Não Verifica	1.24
		P5.6	(*)		
		P5.7	1.39	Não Verifica	1.39
		P5.8	1.39	Não Verifica	1.39
		P5.9	1.12	Não Verifica	1.12
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.97	Não Verifica	0.97
		P6.2	1.03	Não Verifica	1.03
		P6.3	1.07	Não Verifica	1.07
		P6.4	1.03	Não Verifica	1.03
		P6.5	1.04	Não Verifica	1.04
		P6.6	1.24	Não Verifica	1.24
		P6.7	0.99	Não Verifica	0.99
		P6.8	1.06	Não Verifica	1.06
		P6.9	1.02	Não Verifica	1.02
		P6.10	0.72	Não Verifica	0.72
		P6.11	1.40	Não Verifica	1.40
		P6.12	1.64	Não Verifica	1.64
		P6.13	(*)		
		P6.14	1.37	Não Verifica	1.37
		P6.15	1.40	Não Verifica	1.40
		P6.16	(*)		
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.91	Não Verifica	0.91
		P7.2	1.06	Não Verifica	1.06
		P7.3	(*)		

Tabela 34 - Alteração de comprimento de sumidouro

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Comprimento útil do sumidouro		
			L0 m	Verificação	Comprimento de sumidouro final (m)
				L0	
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.73	Não Verifica	0.73
		P8.2	1.32	Não Verifica	1.32
		P8.3	1.47	Não Verifica	1.47
		P8.4	1.43	Não Verifica	1.43
		P8.5	1.28	Não Verifica	1.28
		P8.6	1.15	Não Verifica	1.15
		P8.7	1.21	Não Verifica	1.21
		P8.8	0.46	Verifica	0.60
		P8.9	0.57	Verifica	0.60
		P8.10	0.52	Verifica	0.60
		P8.11	0.47	Verifica	0.60
		P8.12	(*)		
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.35	Verifica	0.60
		P9.2	0.51	Verifica	0.60
		P9.3	0.39	Verifica	0.60
		P9.4	0.33	Verifica	0.60
		P9.5	0.44	Verifica	0.60
		P9.6	0.35	Verifica	0.60
		P9.7	0.39	Verifica	0.60
		P9.8	0.37	Verifica	0.60
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)		
		P10.2	0.31	Verifica	0.60
		P10.3	0.22	Verifica	0.60
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)		
		P11.2	0.49	Verifica	0.60
		P11.3	0.43	Verifica	0.60
		P11.4	(*)		
		P11.5	0.31	Verifica	0.60
		P11.6	0.27	Verifica	0.60
		P11.7	0.34	Verifica	0.60
		P11.8	(*)		
		P11.9	0.31	Verifica	0.60
		P11.10	0.23	Verifica	0.60
		P11.11	0.37	Verifica	0.60
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.23	Verifica	0.60
		P12.2	0.06	Verifica	0.60
		P12.3	0.07	Verifica	0.60

Por outro lado, o cumprimento da largura de escoamento obriga à alteração da geometria do sistema arruamento/sumidouro na secção em estudo. O rebaixamento da grelha do sumidouro e consequente introdução de transição de inclinações transversais na ligação do sumidouro à plataforma de circulação rodoviária, e à ligação ao lancil, far-se-á conforme indicado na Figura 15, onde h corresponde a diferença de cota entre a projeção da inclinação transversal da plataforma e a grelha do sumidouro. As características do escoamento nas condições anteriores apresentam-se na Tabela 35.

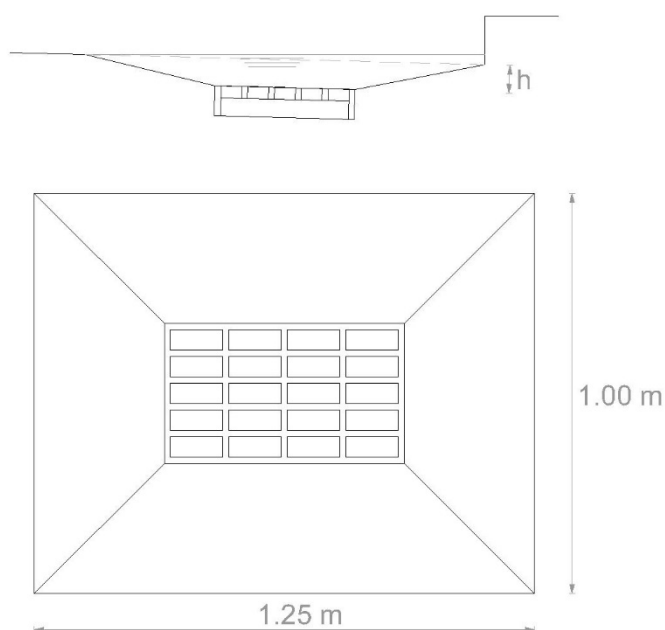


Figura 15 - Rebaixo de sumidouro

Tabela 35 - Características de escoamento em rebaixe

h (m)	A (m ²)	P (m)	$Q \cdot i^{-1/2}$
0.01	0.0193	1.0256	0.10241
0.02	0.0260	1.0265	0.16818
0.03	0.0328	1.0281	0.24745
0.04	0.0395	1.0302	0.33685
0.05	0.0463	1.0330	0.43816
0.06	0.0530	1.0363	0.54768
0.07	0.0598	1.0402	0.66806
0.08	0.0665	1.0447	0.79513
0.09	0.0733	1.0498	0.93217
0.10	0.0800	1.0554	1.07465
0.11	0.0868	1.0615	1.22644

Tabela 35 - Características de escoamento em rebaixe

h (m)	A (m ²)	P (m)	Q.i ^{-1/2}
0.12	0.0935	1.0682	1.38244
0.13	0.1003	1.0754	1.54709
0.14	0.1070	1.0830	1.71507
0.15	0.1138	1.0912	1.89102
0.16	0.1205	1.0998	2.06933
0.17	0.1273	1.1089	2.25518
0.18	0.1340	1.1183	2.44266
0.19	0.1408	1.1282	2.63719
0.20	0.1475	1.1385	2.83243

Com base na geometria do rebaixe e da Tabela 35, que caracteriza o escoamento de acordo com a altura de rebaixe, elaborada com base na fórmula de Manning-Strickler e para um Ks igual a 75, foi possível determinar para cada um dos casos em que a largura de escoamento ultrapassava o limite regulamentar, qual a altura de rebaixe necessária, representadas na Tabela 36.

Tabela 36 - Altura de rebaixe

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Q POR	Q/i ^(1/2)	h
			sumidouro	m3/s	m3/s
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	0.141	0.590713	0.07
		P1.2	0.288	1.159403	0.11
		P1.3	0.185	0.881734	0.09
		P1.4	0.158	1.050701	0.10
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.064	0.522817	0.06
		P2.2	0.173	0.70767	0.08
		P2.3	0.197	0.764369	0.08
		P2.4	0.102	1.702571	0.14
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.035	0.281697	0.04
		P3.2	0.114	0.884422	0.09
		P3.3	0.086	1.17151	0.11
		P3.4	0.154	1.084657	0.11

Tabela 36 - Altura de rebaixe

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Q POR	Q/i ^(1/2)	h
			sumidouro	m3/s	m3/s
Rua Maria Lalande	4	P4.1	0.072	0.482406	0.06
		P4.2	(*)		
Rua Maria Lalande	4	P4.3	0.105	0.463086	0.06
		P4.4	0.079	0.261669	0.04
		P4.5	(*)		
		P4.6	0.205	0.775722	0.08
		P4.7	0.120	0.554185	0.07
		P4.8	(*)		
		P4.9	0.149	0.778305	0.08
		P4.10	0.111	0.469113	0.06
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.036	0.224593	0.03
		P5.2	0.067	0.321006	0.04
		P5.3	0.081	0.267274	0.04
		P5.4	0.125	0.434856	0.05
		P5.5	0.163	0.659808	0.07
		P5.6	(*)		
		P5.7	0.207	0.828573	0.09
		P5.8	0.210	0.84181	0.09
		P5.9	0.176	0.907726	0.09
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.078	0.275783	0.04
		P6.2	0.094	0.34866	0.05
		P6.3	0.093	0.319156	0.04
		P6.4	0.093	0.339995	0.05
		P6.5	0.095	0.346076	0.05
		P6.6	0.144	0.523576	0.06
		P6.7	0.115	0.52905	0.06
		P6.8	0.138	0.657456	0.07
		P6.9	0.120	0.540513	0.06
		P6.10	0.045	0.174301	0.03
		P6.11	0.184	0.656927	0.07
		P6.12	0.194	0.548236	0.07
		P6.13	(*)		
		P6.14	0.132	0.378525	0.05
		P6.15	0.149	0.453724	0.06
		P6.16	(*)		
P6.17	0.088	0.296438	0.04		
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.053	0.153568	0.02
		P7.2	0.099	0.357182	0.05
		P7.3	(*)		

Tabela 36 - Altura de rebaixe

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Q POR	Q/i ^(1/2)	h
			sumidouro	m3/s	m3/s
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.168	1.783194	0.15
		P8.2	0.287	1.614245	0.14
		P8.3	0.326	1.674164	0.14
		P8.4	0.281	1.355801	0.12
		P8.5	0.251	1.336224	0.12
		P8.6	0.231	1.4069	0.13
		P8.7	0.227	1.245852	0.12
		P8.8	0.082	1.151461	0.11
		P8.9	0.091	0.923138	0.09
		P8.10	0.089	1.06302	0.10
		P8.11	0.081	1.071676	0.10
		P8.12	(*)		
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.059	1.041775	0.10
		P9.2	0.102	1.390947	0.13
		P9.3	0.085	1.642116	0.14
		P9.4	0.069	1.531403	0.13
		P9.5	0.089	1.400003	0.13
		P9.6	0.080	1.815538	0.15
		P9.7	0.075	1.311047	0.12
		P9.8	0.071	1.305584	0.12
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)		
		P10.2	0.032	0.420345	0.05
		P10.3	0.014	0.193187	0.03
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)		
		P11.2	0.099	1.400121	0.13
		P11.3	0.059	0.705813	0.08
		P11.4	(*)		
		P11.5	0.052	1.021317	0.10
		P11.6	0.037	0.701917	0.08
		P11.7	0.042	0.581785	0.07
		P11.8	(*)		
		P11.9	0.038	0.564613	0.07
		P11.10	0.031	0.683541	0.08
		P11.11	0.050	0.682736	0.08
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.021	0.357133	0.05
		P12.2	0.005	0.356015	0.05
		P12.3	0.010	0.843377	0.09

7.2.5 Características de sumidouros a adotar

Do referido nos pontos anteriores foi possível elaborar a Tabela 37, que resume as características de cada sumidouro.

Tabela 37 - Geometria dos sumidouros

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Sumidouros		
			Largura (m)	Comprimento (m)	Rebaixe (m)
Rua Augusto Costa (Costinha)	1	P1.1	0.35	1.15	0.07
		P1.2	0.35	1.60	0.11
		P1.3	0.35	1.20	0.09
		P1.4	0.35	0.93	0.10
Rua Aura Abranches	2	P2.1	0.35	0.60	0.06
		P2.2	0.35	1.26	0.08
		P2.3	0.35	1.38	0.08
		P2.4	0.35	0.60	0.14
Rua Lucília Simões	3	P3.1	0.35	0.60	0.04
		P3.2	0.35	0.74	0.09
		P3.3	0.35	0.60	0.11
		P3.4	0.35	0.89	0.11
Rua Maria Lalande	4	P4.1	0.35	0.65	0.06
		P4.2	(*)		
		P4.3	0.35	0.97	0.06
		P4.4	0.35	1.01	0.04
		P4.5			
		P4.6	0.35	1.42	0.08
		P4.7	0.35	1.01	0.07
		P4.8	(*)		
		P4.10	0.35	1.04	0.08
		P4.11	0.35	1.02	0.06
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.1	0.35	0.60	0.03
		P5.2	0.35	0.76	0.04
		P5.3	0.35	1.03	0.04

Tabela 37 - Geometria dos sumidouros

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Sumidouros		
			Largura (m)	Comprimento (m)	Rebaixe (m)
Rua Amélia Rey Colaço	5	P5.4	0.35	1.20	0.05
		P5.5	0.35	1.24	0.07
		P5.6	(*)		
		P5.7	0.35	1.39	0.09
		P5.8	0.35	1.39	0.09
		P5.9	0.35	1.12	0.09
Calçada do Tojal	6	P6.1	0.35	0.97	0.04
		P6.2	0.35	1.03	0.05
		P6.3	0.35	1.07	0.04
		P6.4	0.35	1.03	0.05
		P6.5	0.35	1.04	0.05
		P6.6	0.35	1.24	0.06
		P6.7	0.35	0.99	0.06
		P6.8	0.35	1.06	0.07
		P6.9	0.35	1.02	0.06
		P6.10	0.35	0.72	0.03
		P6.11	0.35	1.40	0.07
		P6.12	0.35	1.64	0.07
		P6.13	(*)		
		P6.14	0.35	1.37	0.05
		P6.15	0.35	1.40	0.06
		P6.16	(*)		
		P6.17	0.35	1.05	0.04
Rua Rogério Amaral	7	P7.1	0.35	0.91	0.02
		P7.2	0.35	1.06	0.05
		P7.3	(*)		
Rua Jorge Barradas	8	P8.1	0.35	0.73	0.15
		P8.2	0.35	1.32	0.14
		P8.3	0.35	1.47	0.14
		P8.4	0.35	1.43	0.12
		P8.5	0.35	1.28	0.12
		P8.6	0.35	1.15	0.13
		P8.7	0.35	1.21	0.12
		P8.8	0.35	0.60	0.11
		P8.9	0.35	0.60	0.09
		P8.10	0.35	0.60	0.10
		P8.11	0.35	0.60	0.10
Rua Jorge Barradas	8	P8.12	(*)		

Tabela 37 - Geometria dos sumidouros

(*) Troço sem bacia de contribuição

Arruamento	COL.	Caixa nº	Sumidouros		
			Largura (m)	Comprimento (m)	Rebaixe (m)
Rua Emília das Neves	9	P9.1	0.35	0.60	0.10
		P9.2	0.35	0.60	0.13
		P9.3	0.35	0.60	0.14
		P9.4	0.35	0.60	0.13
		P9.5	0.35	0.60	0.13
		P9.6	0.35	0.60	0.15
		P9.7	0.35	0.60	0.12
		P9.8	0.35	0.60	0.12
Avenida Grão Vasco (início de arruamento)	10	P10.1	(*)		
		P10.2	0.35	0.60	0.05
		P10.3	0.35	0.60	0.03
Estrada de Benfica	11	P11.1	(*)		
		P11.2	0.35	0.60	0.13
		P11.3	0.35	0.60	0.08
		P11.4	(*)		
		P11.5	0.35	0.60	0.10
		P11.6	0.35	0.60	0.08
		P11.7	0.35	0.60	0.07
		P11.8	(*)		
		P11.9	0.35	0.60	0.07
		P11.10	0.35	0.60	0.08
		P11.11	0.35	0.60	0.08
Avenida Grão Vasco (final de arruamento)	12	P12.1	0.35	0.60	0.05
		P12.2	0.35	0.60	0.05
		P12.3	0.35	0.60	0.09

As peças desenhadas referentes ao Projeto Base apresentam-se em anexo.

8 Conclusões

Os métodos de cálculo adotados permitiram garantir que o dimensionamento dos diversos elementos da rede de drenagem pluvial, apresentasse um rigor aproximado ao exigido nas fases posteriores de projeto.

Para facilitar e objetivar a execução da obra, o projeto (peças escritas e peças desenhadas) deve definir e justificar as opções tomadas e as soluções a implementar. Nestes termos, espera-se que este trabalho possa contribuir para esses fins, evitando-se seguir um caminho usual de lugares comuns que em nada contribui para o bom desempenho durante a execução das empreitadas, tanto do ponto de vista do dono de obra como do empreiteiro.

Assim, mais uma vez se reitera a importância da aplicação das disposições e recomendações da Portaria 701-H/2008, como forma de evitar indefinições na execução e no procedimento contratual bem como conflitos entre os intervenientes, tirando-se o devido partido de um projeto completo e definido (projeto de execução), resultado da aplicação do faseamento indicado na referida portaria.

A Câmara Municipal de Lisboa propõe no Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030, a mitigação das consequências de inundações e cheias, com a construção de infraestruturas de grande porte exclusivas para o escoamento e armazenamento de águas pluviais, nomeadamente de "túneis e reservatórios" (Leboeuf et al., 2015).

Estas infraestruturas não direcionam os caudais para qualquer tratamento das águas, ocorrendo simplesmente a sua descarga no meio ambiente. Como a Câmara Municipal de Lisboa refere que a "separação tendencial de águas pluviais e das águas residuais domésticas deve ser promovida" (Leboeuf et al., 2015), tal só é possível com a introdução de sistemas separativos, desde o ponto mais a montante das bacias de contribuição. Apenas a elaboração de projetos que incluam a totalidade de bacias e sub-bacias da cidade de Lisboa, mas que apresentam um método simplificado, porém devidamente fundamentado, como o que se apresentou neste Trabalho Final de Mestrado, permite atingir este objetivo em tempo útil.

Após verificação da compatibilidade da requalificação apresentada neste trabalho com o Plano Geral de Drenagem da Cidade de Lisboa, poderá proceder-se à elaboração do Projeto Base da zona selecionada, definindo em pormenor as peças escritas e

desenhadas e outros elementos, nomeadamente os sistemas e processos de construção necessários para a sua execução, tal como determina o artº 6 da Portaria 701-H/2008.

As peças desenhadas do presente trabalho apresentam-se em anexo

9 Referências bibliográficas

- AAS.** (2004). *“Miduss Version 2 Reference manual”*, Ontario, AAS.
- Correia, M. M. e Gamboa, M. H.** (2004), *“Apontamentos de Hidráulica Aplicada II”*, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
- Hipólito, J. R. e Vaz, A. C.** (2011), *“Hidrologia e Recursos Hídricos”*, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- IEP.** (2001), *“Manual de drenagem superficial em vias de comunicação”*, Instituto de Estradas de Portugal, Lisboa.
- Kremenetski, N. N.; Chterenlikht, D. V.; Iakovleva, L. V.; Alichev, V. M.** (1989), *“Hidráulica”*, Mir, Moscovo, Russia.
- Leboeuf, Y. ; Fernandes, Z.; Guimarães, J.; Simões, J.; Ribeiro, J.; Ferreira, F.; Oliveira, R.; Monteiro, A.; Matos, J.S.** (2015), *“Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016 - 2030 Versão 2.0”*, Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa.
- Lencastre, A. e Franco, F. M.** (2003), *“Lições de Hidrologia”*, Fundação Armando Lencastre, Caparica.
- Lencastre, A.** (1996), *“Hidraulica Geral”*, Edição do Autor, Lisboa.
- Lima, J. P. ; Martins, C. M. T.; Abreu, J. M.; Almeida, J. P. L.; Lima, I. P.** (2010), *“Hidrologia urbana - Conceitos básicos”*, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.
- Marques, J. e Sousa, J.** (2003), *“Hidráulica Urbana e Industrial”*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Marques, A. S.; Lima, J. P.; Sousa, J.; Simões, N. E.; Pina, R.** (2013), *“Hidrologia Urbana - Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas”*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.
- Marques, J. e Sousa, J.** (2008), *“Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”*, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Marques, J. e Sousa, J.** (2011), *“Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais”*, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Matos, J. S.** (2007/08), *“Estimativa de caudais em meio urbano. Qualidade de águas residuais e pluviais”*, Instituto Superior Técnico, Lisboa
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.** (1995), Decreto Regulamentar n.º 23/95. s.l. : Diário da República n.º 194/1995, Série I-B de 1995-08-23.
- Monte, H. M.; Barreiros, A. M.; Santos, M. T.; Albuquerque, A.** (2016), *“Tratamento de Águas Residuais”*, ERSAR / ISEL, Lisboa

Quintela, A. (2002), "*Hidráulica*", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Ramos, C. M. (2006), "*Drenagem em Infra-Estruturas de Transporte e Hidráulica de Pontes*", Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Santos, J. P. M. (2010), "*Gestão de Águas Pluviais Urbanas: Mudança do Paradigma nos Sistemas Públicos de Drenagem*", Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Sousa, E. R. e Matos, J. S. (2007) "*Projecto de Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais*", Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura - Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Tomaz, Plínio. (2010), "*Curso de Manejo de Águas Pluviais*";: Plínio Tomaz, São Paulo, Brasil.

ANEXO – Peças Desenhadas

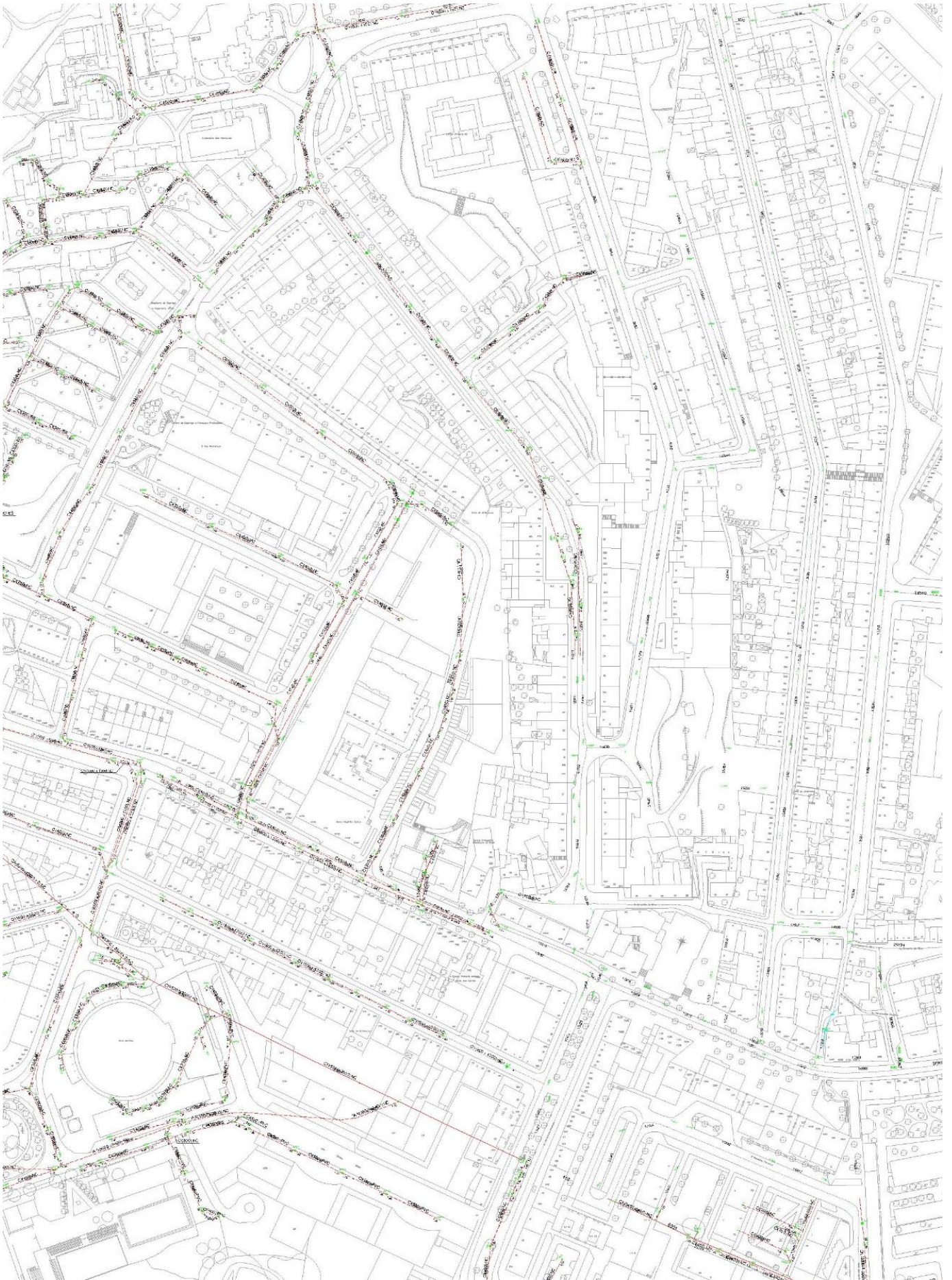


Figura 16 - Cadastro de rede de drenagem existente

Índice de Peças Desenhadas

PB-APL-01 Planta de Rede de Drenagem Pluvial (Escala 1/1000)

PB-APL-02 Planta e Perfil Longitudinal 1, 2 e 3 (Escala H1/1000 V1/100)

PB-APL-03 Planta e Perfil Longitudinal 4 e 5 (Escala H1/1000 V1/100)

PB-APL-04 Planta e Perfil Longitudinal 6 (Escala H1/1000 V1/100)

PB-APL-05 Planta e Perfil Longitudinal 7 e 8 (Escala H1/1000 V1/100)

PB-APL-06 Planta e Perfil Longitudinal 9, 10, 11 e 12 (Escala H1/1000 V1/100)

PB-APL-07 Pormenores (Sem Escala)