

Influência das coberturas verdes no sistema público de drenagem de águas pluviais de um loteamento urbano

Guilherme Zachalkiewicz do Valle

Relatório Final de Projeto apresentado à
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Curitiba

Orientadores:

Doutora Flora Cristina Meireles Silva (ESTiG - IPB)

Doutora Ana Maria Antão-Geraldes (ESA - IPB)

Doutora Karina Querne de Carvalho (UTFPR - *Campus* Curitiba)

Bragança, julho de 2022

Agradecimentos

Gostaria de primeiramente agradecer a Deus por sempre guiar meu caminho.

Aos meus pais, Hever e Catia, por sempre me apoiarem em todas as decisões, me incentivando em todos os cenários que julgam ser construtivos para minha vida, pelos sermões e por sempre estarem ao meu lado em contratempos.

À minha namorada, Anaisa Rossetim, pela cumplicidade, apoio e paciência a todo momento, por sempre me incentivar na busca pelos meus objetivos.

À professora orientadora Flora Cristina Meireles Silva, que sempre esteve presente e disposta a me instruir e me guiar durante o desenvolvimento da dissertação. Obrigado por todo auxílio e paciência no processo.

Às professoras co-orientadoras, Ana Maria Antão-Geraldes e Karina Querne de Carvalho, por dedicarem o seu tempo e dispor de seus conhecimentos a propor percepções para uma dissertação completa.

A todos os amigos que me apoiaram em alguma fase do intercâmbio, destaque para Arícia Bilik, Ingrid Santos, Matheus Fagundes, Nathaly Schuster e Rebeca Kalbermatter.

À Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, pelo acolhimento para realização do Mestrado em Engenharia da Construção no âmbito da Dupla Diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus Curitiba*.

Ao gabinete Dolmu - Arquitetura | Engenharia, na pessoa do Arquiteto Paulo Moreira pela disponibilização do loteamento urbano para realização do caso de estudo.

E por fim, a todos meus familiares que sempre torcem por mim e para meu sucesso, com apoio incondicional e energias positivas.

Resumo

Face às alterações climáticas, com eventos climáticos extremos como as enchentes, e à excessiva impermeabilização do solo, torna-se cada vez mais premente implementar sistemas públicos de drenagem de águas pluviais resilientes.

As coberturas verdes apresentam várias vantagens a diferentes níveis, salientando-se: A capacidade de retenção de água da chuva, reduzindo problemas de cheias e inundações em picos de precipitação; O aumento da infraestrutura verde urbana com todos os benefícios que daí podem advir.

É neste sentido que se analisou o impacto que as coberturas verdes têm ao nível do dimensionamento de um sistema público de drenagem de águas pluviais e as suas implicações na gestão pluvial urbana, quando comparados com coberturas tradicionais e em diferentes regiões pluviométricas de Portugal.

Se nos edifícios do loteamento urbano em estudo, que tem cerca de 2,1 ha e está localizado na região pluviométrica B, se usarem coberturas verdes, então o coeficiente médio ponderado (C_m) para a área em estudo é de 0,59. Este cenário leva a uma redução do caudal máximo de 15,89% quando comparado com o uso de coberturas tradicionais com um C_m de 0,70 para a mesma área.

Para a mesma região pluviométrica, uma estimativa de custos da rede pública de drenagem de águas pluviais aponta para 23.108,59 € + IVA, valor inferior se comparado com o uso de coberturas tradicionais analisadas.

No geral o uso de coberturas verdes ao invés de coberturas tradicionais tem impacto ao nível do escoamento superficial do loteamento urbano alvo de estudo, podendo contribuir para uma drenagem urbana sustentável.

Palavras-chave: Drenagem urbana sustentável; Sistema público de drenagem de águas pluviais; Coberturas verdes; Regulamento português.

Abstract

Faced with climate change, extreme weather events such as floods, and excessive soil sealing, it is becoming increasingly urgent to implement public resilient rainwater drainage systems.

Green roofs have several advantages at different levels, highlighting: The ability to retain rainwater, reducing problems with flooding and inundation in peaks of precipitation; The increase in urban green infrastructure with all the benefits that can come from it.

It is in this sense that the impact that green roofs have on the design of a public rainwater drainage system and their implications for urban rainwater management was analyzed when compared with traditional roofs and in different rainfall regions of Portugal.

If in the buildings of the urban area in study, which has about 2.1 ha and is located in rainfall region B, green roofs are used, then the weighted average coefficient (C_m) for the area under study is 0.59. This scenario leads to a reduction of the maximum flow rate of 15.89% compared to the use of traditional roofs with a C_m of 0.70 for the same area.

For the same rainfall region, an estimate of the costs of the public rainwater drainage network points to € 23,108.59 + VAT, a lower value compared to the use of traditional roofs analyzed.

In general, the use of green roofs instead of conventional roofs impacts the surface runoff of the urban area target of study and can contribute to sustainable urban drainage.

Keywords: Sustainable urban drainage; Public rainwater drainage system; Green roofs; Portuguese regulation.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas.....	x
Lista de Símbolos	xi
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Enquadramento e justificação do tema.....	1
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Plano de trabalho	5
1.4. Estrutura da dissertação	5
Capítulo 2. Estado da Arte	7
2.1. Considerações gerais sobre sistemas públicos de drenagem pluvial.....	7
2.1.1. Constituição da rede de drenagem pluvial.....	8
2.1.2. Traçado da rede de drenagem	9
2.2. Considerações gerais sobre coberturas verdes na gestão da água	10
Capítulo 3. Materiais e métodos	19
3.1. Área de estudo	19
3.2. Sistema público de drenagem de águas pluviais	20
3.2.1. Caudal de águas pluviais.....	20
3.2.2. Tempo de concentração em sistemas de drenagem urbana	21

3.2.3. Regiões pluviométricas e parâmetros das curvas Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F).....	22
3.2.4. Coeficiente de escoamento	23
3.2.5. Dimensionamento hidráulico-sanitário do sistema público de drenagem de águas pluviais.....	25
Capítulo 4. Resultados e discussão	36
4.1. Rede pública de drenagem de águas pluviais	36
4.2. Dimensionamento do sistema público de drenagem pluvial do loteamento urbano	38
Capítulo 5. Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros	65
5.1. Conclusões.....	65
5.2. Proposta para Trabalhos Futuros	67
Referências Bibliográficas	68
Anexos.....	73

Lista de Figuras

Figura 1.1: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/ >. Acesso em 04 abril 2022	1
Figura 1.2: Exemplo de cobertura verde no edifício da Câmara Municipal de Bragança	3
Figura 1.3: Exemplos de (a) Coberturas inclinadas em Macedo de Cavaleiros; (b) Coberturas planas com inertes de proteção no edifício da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança	4
Figura 2.1: Sistema do tipo separativo (Marques & Sousa, 2018)	7
Figura 2.2: Execução de um sistema separativo de drenagem de águas pluviais e residuais	8
Figura 2.3: Exemplo de (a) Sumidouro; (b) Inserção de coletor na caixa de visita	9
Figura 2.4: Alterações do ciclo da água em ambientes urbanos (Lourenço, 2014).....	10
Figura 2.5: escoamento antes e depois da urbanização (Tucci, 2005).....	11
Figura 2.6: Coberturas verdes na ETAR de Alcântara. Disponível em: < http://www.proap.pt/pt-pt/projecto/etar-de-alcantara/ >. Acesso em 04 abril 2022	13
Figura 2.7: Coberturas verdes na Praça de Lisboa, Porto. Disponível em: < https://sustentarqui.com.br/revitalizacao-de-area-no-porto/ >. Acesso em 04 abril 2022	13
Figura 2.8: Elementos integrantes de uma cobertura verde (Snodgrass & McIntyre, 2010, <i>in</i> Baldessar, 2012)	14
Figura 2.9: Cobertura verde extensiva (Componentes) (ANCV, 2019).....	14
Figura 2.10: Cobertura verde semi-intensiva (Componentes) (ANCV, 2019).....	15
Figura 2.11: Cobertura verde intensiva (Componentes) (ANCV, 2019).....	15

Figura 2.12: Comparação de Tipologias das Coberturas Verdes (adaptada de Pinto, 2014)	16
Figura 2.13: Hidrograma de resposta típico de cobertura verde (Hakimdavar et al., 2014 in Frazão, 2018)	18
Figura 3.1: Vista geral do loteamento urbano (desenho sem escala)	19
Figura 3.2: Regiões pluviométricas (Marques & Sousa, 2018)	22
Figura 3.3: Terreno plano - não se atinge o recobrimento mínimo a jusante (Marques & Sousa, 2018)	30
Figura 3.4: Terreno inclinado - atinge-se o recobrimento mínimo a jusante (Marques & Sousa, 2018)	31
Figura 3.5: Terreno muito inclinado - necessita de queda a montante (Marques & Sousa, 2018)	32
Figura 3.6: Implantação dos coletores (Marques & Sousa, 2018)	33
Figura 3.7: Diâmetros de tubos coletores para drenagem pluvial (Fersil, s.d.)	34
Figura 4.1: Traçado das redes públicas de drenagem de águas pluviais (azul) e residuais (cinzento) (desenho sem escala sem escala)	37
Figura 4.2: Loteamento urbano com coberturas inclinadas impermeáveis e lisas $Cm = 0,70$ (desenho sem escala)	41
Figura 4.3: Loteamento com coberturas planas com inertes de proteção ($Cm = 0,65$) (desenho sem escala)	45
Figura 4.4: Loteamento com coberturas verdes extensivas, sem rega ($Cm = 0,59$) (desenho sem escala)	49
Figura 4.5: Variação dos caudais máximos para os 6 cenários	62
Figura 4.6: Estimativa de custos para os 6 cenários	64

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Plano de trabalho	5
Tabela 2.1: Comparação das tipologias de coberturas verdes (FLL, 2018 <i>in</i> ANCV, 2019)	16
Tabela 2.2.: Vantagens e Desvantagens de CV (adaptada de Lourenço, 2014).....	17
Tabela 3.1: Valores de referência para o tempo de entrada (Marques & Sousa, 2018) .	21
Tabela 3.2: Parâmetros das curvas Intensidade-Duração-Frequência (Marques & Sousa, 2018).....	23
Tabela 3.3: Valores médios do coeficiente de escoamento (Marques & Sousa, 2018)..	24
Tabela 3.4: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C (adaptada de ETA ANQIP 0701:2021)	25
Tabela 4.1: Área das superfícies do loteamento e coeficiente de escoamento	36
Tabela 4.2: Cenários propostos para dimensionamento	38
Tabela 4.3: Área efetiva, tempo de concentração e intensidade de precipitação para os 6 cenários.....	40
Tabela 4.4: Cálculo hidráulico para o cenário 1.1	42
Tabela 4.5: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.1	43
Tabela 4.6: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 1.1	44
Tabela 4.7: Cálculo hidráulico para o cenário 1.2.....	46
Tabela 4.8: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.2	47
Tabela 4.9: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 1.2	48
Tabela 4.10: Cálculo hidráulico para o cenário 1.3	50
Tabela 4.11: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.3	51
Tabela 4.12: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 1.3	52
Tabela 4.13: Cálculo hidráulico para o cenário 2.1	53

Tabela 4.14: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.1	54
Tabela 4.15: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 2.1	55
Tabela 4.16: Cálculo hidráulico para o cenário 2.2	56
Tabela 4.17: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.2	57
Tabela 4.18: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 2.2	58
Tabela 4.19: Cálculo hidráulico para o cenário 2.3	59
Tabela 4.20: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.3	60
Tabela 4.21: Elementos para implantação das câmaras de visita para o cenário 2.3	61

Lista de Abreviaturas

ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CI	Coberturas Inclínadas
CP	Coberturas planas
CP _i	Coletor de águas pluviais
CV	Coberturas Verdes
ENAAAC 2020	Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
I-D-F	Curvas Intensidade-Duração-Frequência
IVA	Imposto sobre Valor Acrescentado
Jus.	Jusante
LID	<i>Low Impact Development</i>
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
Mont.	Montante
NBS	Soluções Baseadas na Natureza
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
P-3AC	Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
P _i	Câmara de visita
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima 2030
PP	Polipropileno Corrugado
PVC	Policloreto de Vinilo
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
SUDS	Sistemas de Drenagem Urbanos Sustentáveis
VAT	<i>Value Added Tax</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urbane Drainage</i>

Lista de Símbolos

$h_{\text{máx R}}$	Altura da lâmina líquida	L
h	Altura do escoamento	L
θ	Ângulo ao centro	Radianos
A_m	Área molhada ou área da secção do escoamento	L^2
Q	Caudal	L^3T^{-1}
Q_{al}	Caudal de auto-limpeza	L^3T^{-1}
$Q_{\text{máx}}$	Caudal máximo	L^3T^{-1}
C	Coefficiente de escoamento	-
C_i	Coefficiente de escoamento da área i	
C_m	Coefficiente de escoamento médio ponderado	-
K_s	Coefficiente de rugosidade	$L^{1/3}T^{-1}$
L	Comprimento do coletor	L
C_{sol}	Cota da soleira	L
D	Diâmetro	L
D_{int}	Diâmetro interno	L
$D_{\text{mín R}}$	Diâmetro nominal mínimo	L
DN	Diâmetro nominal/comercial	L
t_p	Duração da precipitação	T
i	Inclinação do coletor	%
i_{terreno}	Inclinação do terreno	%
$i_{\text{máx v}}$	Inclinação máxima para cumprir a velocidade máxima	%
$i_{\text{máx R}}$	Inclinação máxima regulamentar	%
$i_{\text{mín h}}$	Inclinação mínima para cumprir a altura mínima	%
$i_{\text{mín v}}$	Inclinação mínima para cumprir a velocidade mínima	%
$i_{\text{mín R}}$	Inclinação mínima regulamentar	%
i_{col}	Inclinação que o coletor deve adotar	%
I	Intensidade média de precipitação	LT^{-1}
$i_{\text{máx}}$	Maior inclinação que o coletor pode adotar	%
$i_{\text{mín}}$	Menor inclinação que o coletor pode adotar	%
P_m	Perímetro molhado	L
T_R	Período de retorno	T

P_{sol}	Profundidade da soleira	L
ΔH	Queda na caixa de visita	L
R_h	Raio hidráulico	L
R_{jus}	Recobrimento a jusante	L
R_{mont}	Recobrimento a montante	L
$R_{mín\ jus}$	Recobrimento mínimo exigido a jusante	L
$R_{mín\ mont}$	Recobrimento mínimo exigido a montante	L
S_i	Superfície da área i	L ²
t_c	Tempo de concentração	T
$t_{entrada}$	Tempo de entrada	T
$t_{percurso}$	Tempo de percurso	T
$V_{máx\ R}$	Velocidade máxima de escoamento	LT ⁻¹
V	Velocidade média de escoamento	LT ⁻¹
$V_{mín\ R}$	Velocidade mínima de escoamento	LT ⁻¹

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento e justificação do tema

A água é um elemento fundamental para a saúde humana (Vieira, 2018), e para sustentar os ecossistemas terrestres e aquáticos (Rodrigues et al. 2020), pelo que a sua conservação constitui um dos mais importantes pilares do desenvolvimento sustentável (Marecos do Monte e Albuquerque 2010). Já na antiguidade, Tales de Mileto, um dos sete sábios da Grécia, a definia como “O princípio de todas as coisas” (Marques & Sousa, 2018). Não sendo inesgotável, torna-se necessário que a sua gestão seja feita de forma racional e sustentável.

A Resolução A/RES/70/1, de setembro de 2015, adotada na Assembleia Geral das Nações Unidas, definiu a nova estratégia para o mundo em matéria de desenvolvimento sustentável, onde surgiu a Agenda 2030. Esta Agenda apresenta um novo modelo à escala planetária, destinado a acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar de todos, proteger o meio ambiente e combater as alterações climáticas (Resende, 2018). Foram definidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como pode ser observado na Figura 1.1.



Figura 1.1: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em 04 abril 2022

Desta forma, a gestão da água no século XXI deverá responder a múltiplos desafios e pressões a que os recursos hídricos e as cidades estão expostos, como as alterações climáticas, o crescimento populacional, o envelhecimento das infraestruturas, as alterações nas prioridades sociais, políticas públicas e governança e tecnologias emergentes (Howe et al., 2012). A tendência atual direciona o investimento para soluções que promovam a adaptação e resiliência do espaço urbano, através de estratégias integradas, desenvolvidas e planeadas como complemento às infraestruturas centralizadas atualmente existentes, através de infraestruturas descentralizadas (Rodrigues & Antunes, 2020, p.40).

Como instrumentos de mitigação às alterações climáticas salientam-se o roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 e o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho. No caso da adaptação às alterações climáticas destaca-se a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020) e o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P-3AC), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 130/2019, de 2 de agosto, sendo o projeto do Roteiro Nacional para a Adaptação 2100 focado na avaliação da vulnerabilidade do território Português às alterações climáticas a mais longo prazo.

O P-3AC abrange diversas medidas integradas em linhas de ação, destacando-se: A implementação de boas práticas de gestão de água na agricultura, na indústria e no setor urbano para prevenção dos impactos decorrentes de fenómenos de seca e escassez; O aumento da resiliência dos ecossistemas, espécies e habitats aos efeitos das alterações climáticas; A redução da vulnerabilidade das áreas urbanas às ondas de calor e ao aumento da temperatura máxima (e.g. a implementação de infraestruturas verdes); A redução ou minimização dos riscos associados a fenómenos de cheia e de inundações (e.g. a remodelação de redes de drenagem urbana de águas pluviais tendo em vista adequação hidráulica aos caudais em eventos de precipitação intensa particularmente em zonas críticas como pontes, aquedutos e outros estrangulamentos; a implementação de técnicas de drenagem urbana sustentável).

Neste seguimento, importa referir que a quantificação de caudal originado pela água da chuva, é função da área a drenar, da intensidade das chuvas e do coeficiente de escoamento. É também influenciada pela parte coberta por construções (áreas impermeáveis) e pela parte arborizada ou de cultivo (áreas permeáveis) (Marques & Sousa, 2018).

Assim, é cada vez mais importante promover a construção de edifícios e de espaços públicos resilientes, capazes de lidar com os efeitos das alterações climáticas no meio urbano.

Desta forma, o uso de coberturas verdes em edifícios pode trazer grandes vantagens, pois, para além de amortecer os picos de cheia nas zonas urbanas, minorando as consequências de eventos de precipitação excepcionais, aumenta a infraestrutura verde urbana, com todos os benefícios associados (Pimentel-Rodrigues & Silva-Afonso, 2019).

Em telhados impermeáveis, onde é reduzida a perda de água por absorção e onde a água retida ou evaporada não é significativa, o coeficiente de escoamento tem um valor próximo de 1,0. No caso de coberturas verdes, valores médios anuais entre 0,4 e 0,6 para coberturas verdes extensivas, são geralmente adotados na Europa central e no Reino Unido (Breuning & Yanders, 2012).

É neste sentido que surge este estudo, até como algo inovador, com o objetivo de se perceber a influência que uma cobertura verde (Figura 1.2) tem no dimensionamento de um sistema público de drenagem de águas pluviais, mais concretamente ao nível do escoamento superficial, quando comparado com coberturas tradicionais (Figuras 1.3-(a) e (b)), e em regiões pluviométricas diferentes.



Figura 1.2: Exemplo de cobertura verde no edifício da Câmara Municipal de Bragança



(a)



(b)

Figura 1.3: Exemplos de (a) Coberturas inclinadas em Macedo de Cavaleiros; (b) Coberturas planas com inertes de proteção no edifício da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança

1.2. Objetivos

O presente trabalho de investigação tem como objetivo analisar a influência do uso de coberturas verdes em relação ao uso de coberturas tradicionais, no dimensionamento hidráulico de uma rede pública de drenagem de águas pluviais inserida numa operação de loteamento urbano localizada na região pluviométrica B, em Portugal.

Pretende-se ainda simular a localização desse loteamento urbano numa região com maior intensidade média de precipitação (região C), a fim de se comparar a influência no escoamento superficial.

Será apresentada uma estimativa de custos da rede pública de drenagem pluvial projetada para os vários cenários.

1.3. Plano de trabalho

Para a concretização dos objetivos propostos elaborou-se um Plano de Trabalho que inclui quatro fases, apresentadas na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Plano de trabalho

Fases	Tipo de Trabalho	Descrição
I	Revisão bibliográfica sobre o tema	
II	Recolha de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos desenhos em formato CAD (versão estudante) referentes à operação de loteamento urbano • Fotografias de diferentes tipos de coberturas • Pedido de preços para elaboração dos mapas de orçamento
III	Trabalho experimental	<ul style="list-style-type: none"> • Reformulação do traçado da rede pública de drenagem de águas pluviais e também residuais • Escolha de cenários para realizar o dimensionamento da rede pública pluvial • Dimensionamento da rede pública de drenagem de águas pluviais • Estudo comparativo dos cenários projetados • Elaboração de mapas de medições e de orçamento
IV	Redação do trabalho	

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos. No Capítulo 1 apresentam-se o enquadramento e justificação do tema, os objetivos, a descrição do plano de trabalho e a estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 constitui a parte de revisão bibliográfica deste trabalho, focando os sistemas públicos de drenagem de águas pluviais e a importância das coberturas verdes na gestão da água.

No Capítulo 3, *Materiais e métodos*, é feita referência à área de estudo e aos critérios de dimensionamento do sistema público de drenagem de águas pluviais.

No Capítulo 4, *Resultados e discussão*, apresenta-se a rede pública de drenagem de águas pluviais e o respetivo dimensionamento.

As principais *Conclusões* e *Proposta para Trabalhos Futuros* são apresentadas no Capítulo 5, listando-se ainda, as *Referências bibliográficas* citadas e apresentando-se um mapa de medições e um mapa de orçamento nos *Anexos*.

Capítulo 2. Estado da Arte

2.1. Considerações gerais sobre sistemas públicos de drenagem pluvial

As águas pluviais são provenientes da precipitação atmosférica, sendo fundamentalmente constituídas por águas resultantes do escoamento superficial. Contudo, consideram-se também águas pluviais as que são provenientes da rega de jardins, lavagem de arruamentos, pátios, entre outros, isto é, de forma geral, as que são recolhidas pelas sarjetas ou sumidouros (Marques & Sousa, 2018). Com a construção dos sistemas de drenagem de águas pluviais pretende-se impedir que os escoamentos superficiais causem danos provocados, por exemplo, pelo arraste superficial de terrenos e pavimentos, interrupções de trânsito e inundações de pisos térreos.

De acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto (RGSPDADAR), as redes de drenagem a implantar em novos sistemas devem ser do tipo separativo (Figura 2.1 e Figura 2.2).

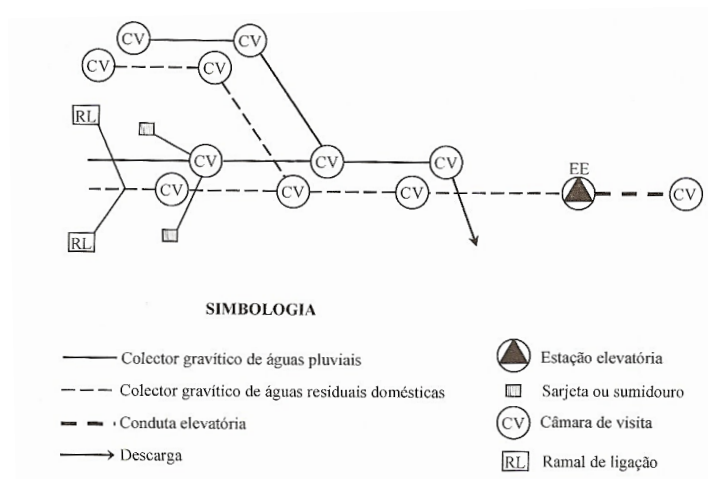


Figura 2.1: Sistema do tipo separativo (Marques & Sousa, 2018)



Figura 2.2: Execução de um sistema separativo de drenagem de águas pluviais e residuais

2.1.1. Constituição da rede de drenagem pluvial

As redes de drenagem de águas pluviais são constituídas, entre outros, por ramais de ligação, sumidouros, câmaras de visita e coletores (Figuras 2.3-(a) e (b)).

A finalidade dos ramais de ligação é assegurar a condução das águas pluviais prediais até à rede pública de drenagem. Todas as construções prediais devem ser ligadas às redes de drenagem por ramais de ligação privativos. Esses ramais, cujo traçado deve ser retilíneo, são ligados a sumidouros ou a câmaras de visita.

As câmaras (ou caixas) de visita são fundamentais para o sistema de drenagem. A partir delas é possível realizar a inspeção e limpeza dos coletores, a remoção de obstrução e a verificação das características do escoamento e da qualidade das águas. Segundo o artigo 155.º do RGSPDADAR, é indispensável a implantação das câmaras de visita: nas confluências dos coletores; nas extremidades das redes; nos desníveis bruscos; nos pontos de mudança de direção, inclinação e diâmetro do coletor; nos alinhamentos retos, onde o afastamento máximo entre câmaras de visita consecutivas não deverá ultrapassar 60 m para coletores não visitáveis e 100 m para coletores visitáveis. Os coletores visitáveis são aqueles que possuem altura interior igual ou superior a 1,60 m. De acordo com o artigo 158.º, “a dimensão mínima, em planta, ou o diâmetro, respetivamente, da câmara de visita retangular ou circular não deve ser menor que 1 m ou 1,25 m, consoante a sua profundidade seja inferior a 2,5 m ou igual ou superior a este valor”, p.5299.

Os coletores são tubagens de secção circular que recebem as águas pluviais e posteriormente fazem o seu transporte. Segundo o RGSPDADAR, o diâmetro nominal mínimo dos coletores é de 200 mm (artigo 134.º), o qual não pode ser reduzido para jusante (artigo 135.º).

Os sumidouros são dispositivos com entrada superior das águas de escorrência e implicam necessariamente a existência de uma grade que permita a entrada da água sem

prejudicar a circulação rodoviária e usualmente implantados no pavimento da via pública (artigo 163.º). De acordo com o artigo 162.º do RGSPDADAR, deve ser prevista a implantação de sumidouros, nos pontos baixos da via pública; nos cruzamentos, de modo a evitar a travessia da faixa de rodagem pelo escoamento superficial; ao longo dos percursos das valetas de modo que a largura da lâmina de água não ultrapasse o valor considerado nos critérios de dimensionamento hidráulico. Os sumidouros devem ter grade com uma largura de 0,35 m e comprimento de 0,60 m (artigo 164.º).

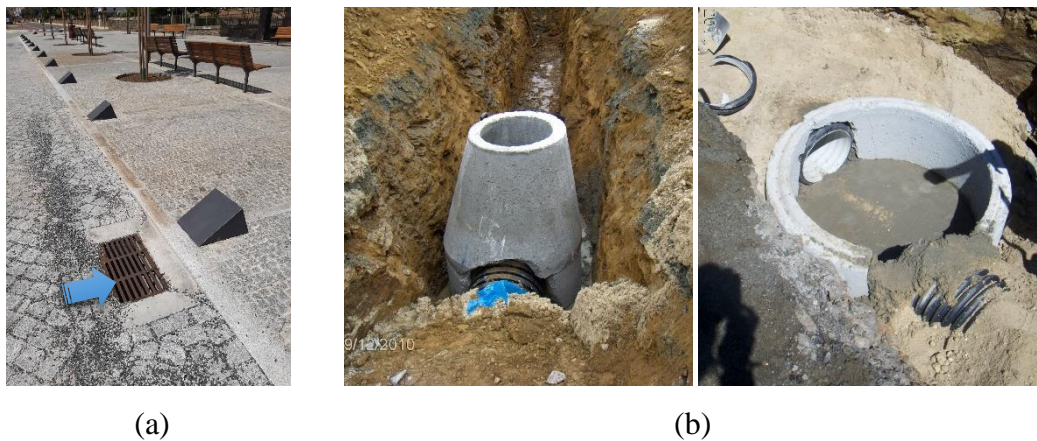


Figura 2.3: Exemplo de (a) Sumidouro; (b) Inserção de coletor na caixa de visita

2.1.2. Traçado da rede de drenagem

O principal elemento para o estudo do traçado de uma rede de drenagem de águas pluviais é o levantamento topográfico, que deve ser realizado, de preferência, a uma escala de 1/1000. Além das zonas urbanizadas, o levantamento topográfico deve englobar as zonas de futura expansão habitacional. Deve procurar desenvolver-se uma rede de coletores que cubra toda a área de estudo e dar preferência ao escoamento por gravidade (Marques & Sousa, 2018). O escoamento por gravidade tem por objetivo evitar o acúmulo de sedimentos. Em situações em que não seja possível esse tipo de condução devem ser considerados sistemas elevatórios.

De acordo com o artigo 136.º do RGSPDADAR, alguns dos aspectos que devem ser considerados no estudo do traçado da rede são: nos arruamentos urbanos, os coletores devem ser implantados no eixo da via pública; em vias de circulação ou arruamentos largos, a implantação dos coletores pode ser feita fora das faixas de rodagem, mas deve possuir distância mínima de 1 m em relação aos limites das propriedades; pode ser

implantado um sistema duplo de coletores, um em cada lado da via pública, caso seja mais económico.

Além desses aspectos, no artigo 137.º, o RGSPDADAR estabelece a profundidade mínima de 1 m entre o extradorso do coletor e o pavimento da rua pública. Pode exigir-se um valor maior que a profundidade mínima a depender das condições locais, tais como, trânsito, inserção dos ramais de ligação ou instalação de outras estruturas. Em condições excepcionais podem ser aceites profundidades mínimas menores que a exigida, no entanto, os coletores devem ser protegidos para resistir a sobrecargas. Neste estudo de caso foi considerada uma profundidade (recobrimento mínimo) de 1,0 m.

No capítulo de *Materiais e métodos* serão analisadas as metodologias para a estimativa de caudais pluviais, bem como os conceitos e métodos necessários ao estudo dos sistemas públicos de drenagem pluviais.

2.2. Considerações gerais sobre coberturas verdes na gestão da água

Os sistemas urbanos de drenagem pluvial, tal como descritos, surgiram entre os séculos XVIII e XIX (Lourenço, 2014). No entanto, o crescimento urbano que se tem verificado desde o século XX causou alterações significativas no uso do solo, como o aumento das áreas impermeabilizadas que levam a uma alteração significativa das condições de drenagem das águas pluviais e do ciclo da água. Assim ocorre uma redução da capacidade de retenção da água pluvial no solo e conseqüentemente o escoamento superficial e os caudais de ponta aumentam (Figura 2.4).

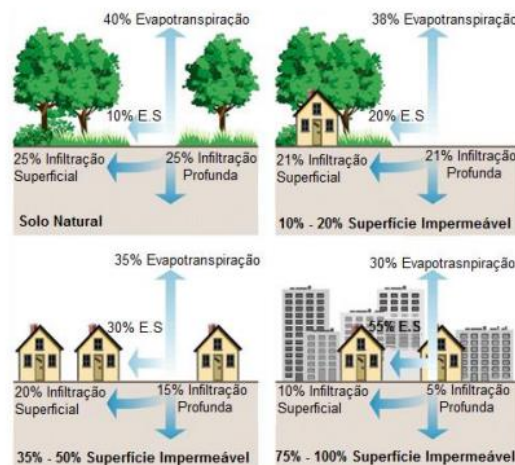


Figura 2.4: Alterações do ciclo da água em ambientes urbanos (Lourenço, 2014)

Atualmente os sistemas de drenagem pluvial tradicionais estão a perder gradualmente capacidade para receber toda a água da chuva e, por isso, começaram a surgir inundações urbanas cada vez maiores (Pearlmutter et al., 2021). Na Figura 2.5 é possível observar-se as diferenças no escoamento numa área antes e após a urbanização.

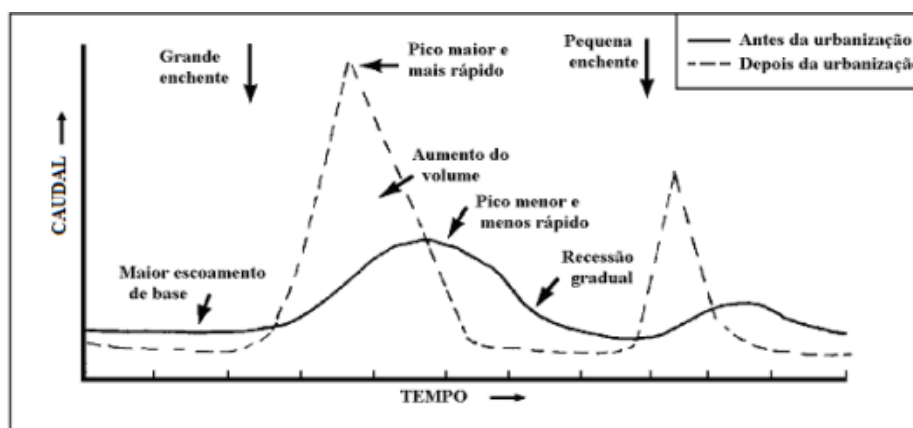


Figura 2.5: Escoamento antes e depois da urbanização (Tucci, 2005)

O aumento de inundações nos espaços urbanos é uma tendência que irá continuar a observar-se em muitas cidades, pois de acordo com dados providenciados pela UNESCO (2012) é previsível que a população urbana mundial cresça de 3,4 mil milhões de pessoas contabilizadas em 2009 para 6,3 mil milhões em 2050. Em Portugal, verifica-se a mesma tendência de crescimento dos espaços urbanos. A partir dos anos 60 do século passado acentuou-se o processo de urbanização sobretudo através do alargamento das áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto (Moreira et al., 2009; Figueiredo, 2022).

A insuficiência dos sistemas de drenagem de água pluvial foi observada pela primeira vez em Portugal quando ocorrerem as cheias de Lisboa em 1967, cujo resultado foram as perdas de muitas vidas humanas, além de perdas económicas (Costa et al., 2014).

Por outro lado, no atual cenário de alterações climáticas é necessário tornar as cidades mais resilientes às secas e inundações o que não é compatível com o atual paradigma de gestão de águas pluviais, cujo objetivo é descarregá-las no recetor rapidamente para evitar as inundações urbanas. Urge assim aumentar a resiliência das cidades, promovendo medidas que tornem as cidades “Water Wise Cities” (*The IWA Principles for Water Wise Cities*, s.d.).

A implementação de infraestruturas verdes como complemento às infraestruturas cinzentas é crucial para atingir este objetivo que visa fechar o ciclo da água nos espaços urbanos ou, por outras palavras, tornar a gestão da água urbana circular (Calheiros et al.

2022; Pearlmutter et al., 2020; 2021). Esta nova perspectiva visa a gestão integrada de todo o ciclo da água incluindo o abastecimento urbano, a gestão das águas pluviais, residuais e subterrâneas e a promoção da manutenção dos serviços ecossistémicos. A redução do escoamento urbano processa-se pela promoção da infiltração do excesso de água no solo pela evaporação e evapotranspiração - que devolve parte da água à atmosfera - e pelo armazenamento temporário, possibilitando a reutilização da água ou a sua libertação lenta, após as chuvas (Pearlmutter et al., 2021).

É neste contexto que surgem os Sistemas de Drenagem Urbanos Sustentáveis (SUDS). O termo SUDS, originado no Reino Unido, possui terminologias diferentes ao redor do mundo como *Low Impact Development (LID)*, *Water Sensitive Urban Design (WSUD)* que representam o mesmo conceito sendo mais usual em regiões dos Estados Unidos da América e Austrália, respetivamente (Santos, 2010; Lourenço 2014) e cujos objetivos são:

- Reduzir tanto os picos como o volume de escoamento superficial;
- Minimizar o transporte de poluição das zonas urbanas para o meio hídrico recetor;
- Proteger os sistemas naturais;
- Integrar o tratamento de águas pluviais na paisagem;
- Recolher as águas pluviais de forma a substituir a água da rede em aplicações que não exijam níveis de qualidade elevados;
- Menor impacto das cheias para as populações;
- Harmonização das paisagens urbanas e residenciais;
- Melhorar a qualidade de vida urbana e o valor estético urbano;
- Reduzir os prejuízos ambientais e económicos causados por cheias.

Existem vários tipos de SUDS tais como: Pavimentos permeáveis; Bacias de retenção; Trincheiras de infiltração; Faixas filtrantes; Poços absorventes; Valas revestidas com coberto vegetal (swales); Cisternas e barris de chuva; Sistemas de biorretenção, como jardins de chuva e coberturas ou telhados verdes.

A descrição pormenorizada destes SUDS pode ser encontrada nas dissertações de Santos (2010) e de Lourenço (2014). De salientar que a maior parte dos SUDS resultam da integração das estruturas cinzentas urbanas com as estruturas verdes (Soluções Baseadas na Natureza (NBS)), sendo sistemas de gestão de águas pluviais

descentralizados (Sun et al., 2020). A presente dissertação vai focar-se apenas nas coberturas ou telhados verdes.

As Coberturas Verdes (CV), também conhecidas por telhados verdes ou telhados vivos, são um exemplo de NBS que podem ser utilizadas em conjunto com outras ferramentas que visem a promoção da economia circular da água nos espaços urbanos. Apesar das CV serem referenciadas desde os tempos da antiga Mesopotâmia a sua verdadeira expansão só ocorreu nos anos 70 do Século XX na Alemanha e Estados Unidos (ANCV, 2019). Em Portugal só no final do século XX-inícios do século XXI é que surgem os exemplos mais significativos como é o caso das coberturas verdes da Fundação Calouste Gulbenkian, a cobertura na ETAR de Alcântara (Figura 2.6) e a Praça de Lisboa no Porto (Figura 2.7).

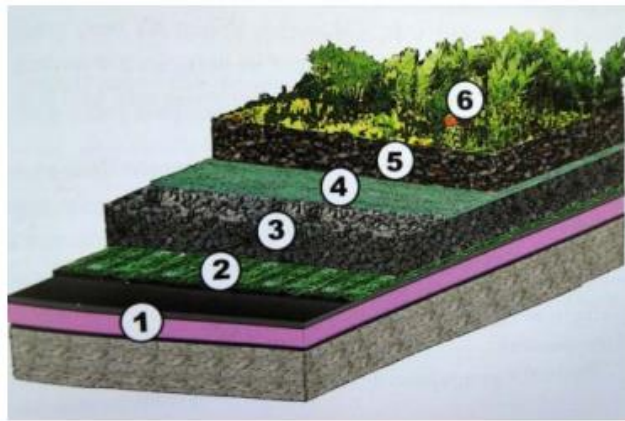


Figura 2.6: Coberturas verdes na ETAR de Alcântara. Disponível em: <<http://www.proap.pt/pt-pt/projecto/etar-de-alcantara/>>. Acesso em 04 abril 2022



Figura 2.7: Coberturas verdes na Praça de Lisboa, Porto. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/revitalizacao-de-area-no-porto/>>. Acesso em 04 abril 2022

Estas estruturas são construídas com base em diretrizes técnicas e científicas e resultam da plantação de vegetação num substrato seguido de várias camadas de outros materiais que assentam numa estrutura construída (ANCV, 2019; Calheiros et al., 2022) (Figura 2.8).



- 1 - pavimento do telhado, isolamento e impermeabilização.
- 2 - proteção e camada de armazenamento.
- 3 - camada de drenagem.
- 4 - camada anti-raiz e filtro permeável.
- 5 - camada de substrato.
- 6 - vegetação.

Figura 2.8: Elementos integrantes de uma cobertura verde (Snodgrass & McIntyre, 2010, in Baldessar, 2012)

Podem considerar-se 3 tipos de coberturas verdes: extensivas (Figura 2.9), semi-intensivas (Figura 2.10), e intensivas (Figura 2.11).



Figura 2.9: Cobertura verde extensiva (Componentes) (ANCV, 2019)



Figura 2.10: Cobertura verde semi-intensiva (Componentes) (ANCV, 2019)



Figura 2.11: Cobertura verde intensiva (Componentes) (ANCV, 2019)

As diferenças entre estes 3 tipos de coberturas estão representadas na Tabela 2.1 e esquematicamente na Figura 2.12.

Tabela 2.1: Comparação das tipologias de coberturas verdes (FLL, 2018 *in* ANCV, 2019)

	Cobertura Extensiva	Cobertura Semi-intensiva	Cobertura Intensiva
Exigência quanto à manutenção	Após a vegetação instalada requer pouca manutenção	Requer manutenção moderada	Requer manutenção elevada
Camada de Substrato	<ul style="list-style-type: none"> Substrato mineral, poroso; Baixa espessura (8-15 cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Substrato mineral; Espessura entre 15 e 25 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Preferencial substrato mineral ou terra vegetal modificada; Espessura superior a 25 cm
Camada de vegetação	Plantas suculentas e herbácea	Plantas herbáceas, sub-arbustivas e arbustivas	Plantas herbáceas, arbustivas e arbóreas
Carga sobre a estrutura	80 - 180 kg/m ² (0,59 - 1,77 kN/m ²)	150 - 350 kg/m ² (1,47 - 3,43 kN/m ²)	> 350 kg/m ² (3,43 kN/m ²)
Inclinação máxima admitida	100% (recomendada: 70%)	20%	5%
Acessibilidade	Não pisoteável a não ser para manutenção	Pisoteável, mas com uso moderado	Geralmente sem limitações de uso

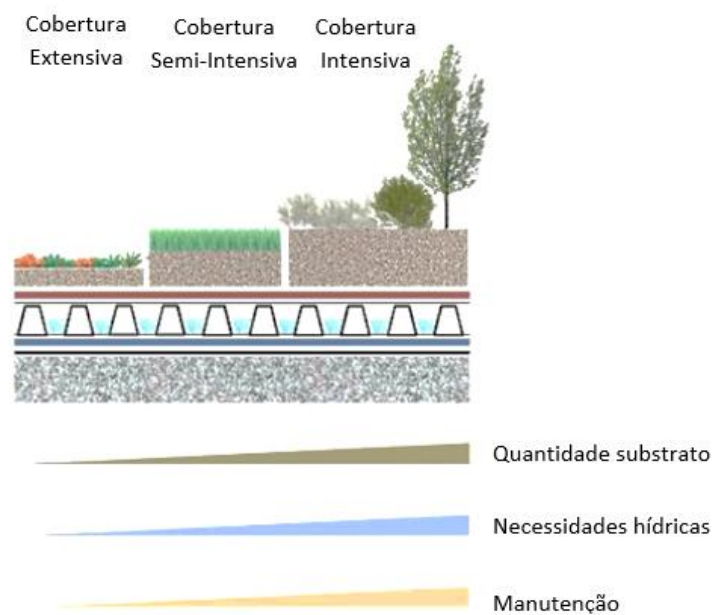


Figura 2.12: Comparação de Tipologias das Coberturas Verdes (adaptada de Pinto, 2014)

Na Tabela 2.2 apresentam-se as vantagens e desvantagem dos diferentes tipos de CV.

Tabela 2.2.: Vantagens e Desvantagens de CV (adaptada de Lourenço, 2014)

	Vantagens	Desvantagens
Coberturas Intensivas	<ul style="list-style-type: none"> • Maior biodiversidade • Grande variabilidade de espécies e na estética • Melhor isolamento térmico • Geralmente acessíveis, com espaço de lazer • Podem ser aplicadas em estruturas já existentes, com cuidados principalmente com a capacidade de carga • Melhoria da qualidade ambiental • Contribuem para a certificação energética e ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta carga na estrutura • Elevada necessidade de manutenção • Custos elevados para manutenção e implementação e necessidade de mão de obra qualidade • Não podem ser aplicadas em estruturas com declive elevado
Coberturas Extensivas	<ul style="list-style-type: none"> • Mais leve para a estrutura existente • Essenciais em sistemas com declive (até 45°) • Normalmente não requerem estruturas de reforço para a sua implementação • Baixa manutenção • Menor custo de investimento • Melhoria da qualidade ambiental • Indicado para grandes áreas • Contribuem para a certificação energética e ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor variedade de plantas que podem ser utilizadas • Acessíveis apenas para manutenção • No inverno, devido a falta de vegetação, não são esteticamente atrativas

As CV podem ser construídas ao nível do solo ou no topo dos edifícios e são soluções eficientes para atenuar as inundações uma vez que atrasam o pico de fluxo das águas pluviais, libertando a água de forma gradual (efeito de esponja) e evitando a sobrecarga do sistema de drenagem das águas pluviais. Uma parte destas águas infiltra-se e fica retida nos substratos, libertando-se durante os períodos secos por evapotranspiração (Calheiros & Stefanakis, 2021).

A aplicação das CV às habitações passa pela integração destas no sistema de drenagem pluvial urbana (Santos, 2010). De acordo com a revisão efetuada por Brandão (2015) que analisou o comportamento hidrológico das CV comparativamente aos telhados tradicionais em mais de 34 publicações, verificou-se de forma consistente que estas estruturas conseguem reter mais água da chuva do que os telhados convencionais.

Ainda de acordo com o trabalho de Brandão (2015) a capacidade de retenção de uma cobertura verde poderá variar entre 34 e 50%. Devido à presença do substrato e da vegetação, o percurso das águas pluviais até à descarga numa cobertura verde é mais lento e complexo que o de uma cobertura tradicional. Estas características da cobertura verde fazem com que exista um desfasamento temporal e de magnitude entre o pico da precipitação e o pico do escoamento (Frazão, 2018) (Figura 2.13).

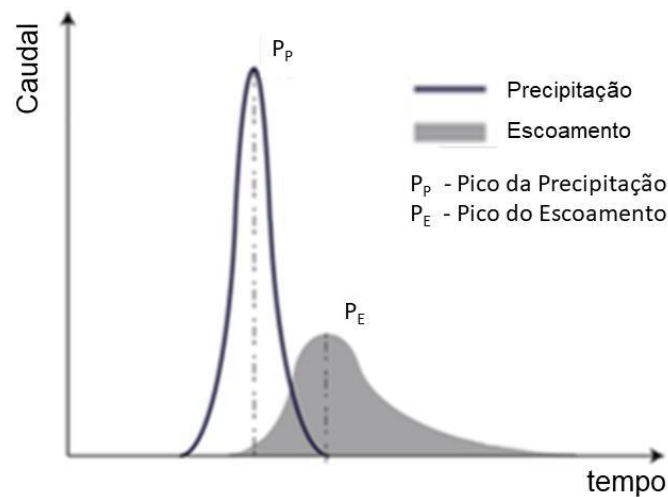


Figura 2.13: Hidrograma de resposta típico de cobertura verde (Hakimdavar et al., 2014 *in* Frazão, 2018)

Para além de serem ferramentas importantes para a gestão circular da água urbana, estas estruturas também oferecem potenciais benefícios em termos de valor estético, conservação da biodiversidade, redução da poluição sonora e atmosférica, e de redução do efeito “ilha de calor”.

Capítulo 3. Materiais e métodos

3.1. Área de estudo

O loteamento urbano em estudo localiza-se na sub-região de Terras de Trás-os-Montes, Portugal, e foi disponibilizado em formato CAD pelo gabinete Dolmu - Arquitetura | Engenharia. Tem uma área de 22.227,00 m² (delimitada a vermelho), sendo constituído por arruamentos (estradas, estacionamentos e passeios), áreas verdes e lotes (área de implantação e logradouro) (Figura 3.1).



Figura 3.1: Vista geral do loteamento urbano (desenho sem escala)

3.2. Sistema público de drenagem de águas pluviais

De acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto (RGSPDADAR), e tal como referido anteriormente, as redes de drenagem a implantar em novos sistemas devem ser do tipo separativo, o qual foi considerado no presente estudo.

Seguidamente irá abordar-se a metodologia seguida para: (1) Cálculo do caudal de águas pluviais; (2) Determinação do tempo de concentração em sistemas de drenagem urbana; (3) Regiões pluviométricas e parâmetros das curvas Intensidade-Duração-frequência (I-D-F); (4) Determinação do coeficiente de escoamento; (5) Dimensionamento hidráulico-sanitário do sistema público de drenagem de águas pluviais.

Importa referir que o traçado da rede de drenagem de águas pluviais e também residuais foi disponibilizado pelo gabiante de projetos já mencionado, e apenas foram feitos alguns ajustes nas redes de acordo com os critérios regulamentares.

3.2.1. Caudal de águas pluviais

A quantificação do caudal originado pela água da chuva, em geral expresso em litros por segundo, é função: da área a drenar; da intensidade das chuvas que se deduz de uma análise dos dados pluviométricos e da frequência das chuvadas intensas; do coeficiente de escoamento (Marques & Sousa, 2018).

Segundo os mesmos autores, o caudal é influenciado pela rugosidade, permeabilidade da superfície, forma, extensão, pendente, vegetação e pelo estado de imbebição da bacia (precedente à chuvada). É também influenciado pelas características da chuvada, isto é, pela intensidade, duração, frequência, variação de intensidade durante a precipitação e variação de intensidade de um ponto para outro da bacia. Também a relação entre a parte coberta por construções (áreas impermeáveis) e a parte arborizada ou de cultivo (áreas permeáveis), influencia o caudal.

A dimensão de uma canalização que drena uma bacia de área A , depende da intensidade da chuvada e do coeficiente de escoamento C , incorporando este último implicitamente os efeitos de todos os fatores indicados. O caudal pode ser estimado pela Eq. 3.1, conhecida como fórmula racional ou método racional, aplicável a áreas inferiores a 15 km^2 e na qual todas as condições relativas ao solo, e às condições de escoamento da

bacia são traduzidas por um único fator C . A intensidade de precipitação, I , que é normalmente variável durante a chuvada, é considerada constante e representada pela média do valor verificado durante a chuvada escolhida.

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad \text{Eq. 3.1}$$

En que:

Q : Caudal (l/s)

I : Intensidade média de precipitação (mm/h)

C : Coeficiente de escoamento

De referir que as áreas a drenar foram medidas no desenho da rede pública de drenagem de águas pluviais.

3.2.2. Tempo de concentração em sistemas de drenagem urbana

Em sistemas de drenagem urbana é comum assumir que o tempo de concentração, t_c , resulta da adição de duas parcelas (Marques & Sousa, 2018): (1) o tempo de entrada, t_{entrada} , tempo que uma gota de água, caída no ponto cinematicamente mais afastado da bacia, demora até entrar no sistema de drenagem; (2) o tempo de percurso, t_{percurso} , tempo que a gota de água demora desde que entra no sistema de drenagem até atingir a secção em estudo.

Tratando-se de pequenas bacias urbanas, o tempo de entrada pode ser estimado de acordo com a Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Valores de referência para o tempo de entrada (Marques & Sousa, 2018)

Bacias urbanas	Muito inclinadas (> 8%)	Inclinadas (1,5% a 8%)	Médias a planas (< 1,5%)
Áreas impermeáveis > 50%	5 min	7,5 min	10 min
Áreas impermeáveis < 50%	5 min	10 min	15 min

O tempo de percurso pode ser calculado para cada coletor através da Eq. 3.2, devendo considerar-se as velocidades correspondentes aos respetivos caudais de ponta. O valor do tempo de percurso a empregar no cálculo do tempo de concentração deverá

ser a soma dos respetivos valores dos coletores que formam o percurso desde a cabeceira até ao coletor em estudo. Sempre que haja confluência de dois ou mais coletores, o tempo de percurso a considerar no dimensionamento do coletor a jusante da confluência deverá ser o maior dos valores apurados.

$$t_c = \frac{L}{60 \cdot V} \quad \text{Eq. 3.2}$$

Em que:

t_c : tempo de concentração (min)

L: comprimento da linha de águas com características homogéneas (m)

V: velocidade média do escoamento (m/s)

3.2.3. Regiões pluviométricas e parâmetros das curvas Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F)

As curvas I-D-F estabelecem a relação entre a intensidade de precipitação (I), a duração da precipitação (t_p) e o período de retorno (T_R). Em geral, não é possível para cada local em que se projeta uma rede de drenagem dispor de curvas I-D-F, em especial para uma série longa de anos que permitam um tratamento estatístico. Em Portugal foi efetuado um estudo em que se dividiu o território em três regiões pluviométrica, tendo sido desenvolvidas curvas I-D-F para cada uma delas, com períodos de Retorno que cobrem valores de 2 até 100 anos (Marques & Sousa, 2018). As três regiões referidas apresentam-se na Figura 3.2.

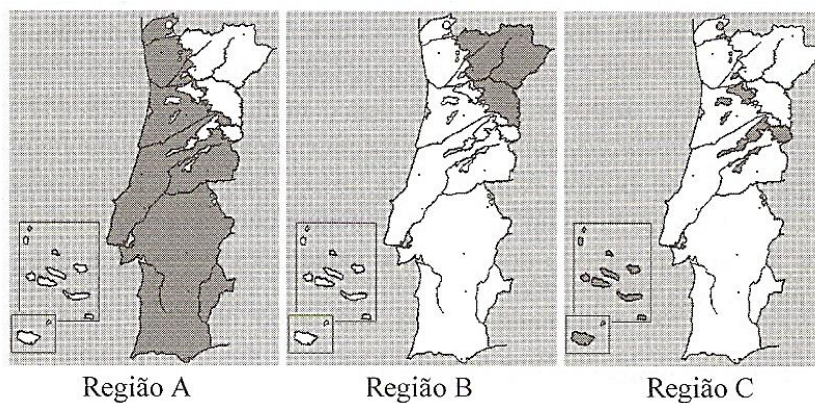


Figura 3.2: Regiões pluviométricas (Marques & Sousa, 2018)

Nesse estudo foi proposta a utilização, a nível nacional, das curvas I-D-F que estabeleceram para Lisboa. Assim, sugeriram que as intensidades médias das precipitações resultantes daquelas curvas fossem agravadas de 20% nas regiões montanhosas de altitude superior a 700 m, e reduzidas de 20% nas regiões do Nordeste.

Na Tabela 3.2 indicam-se os valores que, em função do período de retorno, devem ser considerados nas diferentes regiões para os parâmetros das curvas I-D-F. Nestas curvas, do tipo exponencial $I = a \cdot t^b$, a intensidade média de precipitação, I , vem expressão em (mm/h) e a duração, t , em minutos (min). Os parâmetros a e b , dependem do período de retorno T_R e da localização da bacia em estudo, consequentemente da história pluviométrica dessa região (Marques & Sousa, 2018).

Tabela 3.2: Parâmetros das curvas Intensidade-Duração-Frequência (Marques & Sousa, 2018)

Período de retorno T_R (anos)	Região A Curvas I-D-F Lisboa		Região B Curvas I-D-F Lisboa-20%		Região C Curvas I-D-F Lisboa+20%	
	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	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,50	-0,508	438,75	-0,508

3.2.4. Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento deve traduzir a influência dos diferentes fatores de que depende o escoamento (Marques & Sousa, 2018). Baseia-se no tipo e características da superfície do terreno, admitindo-se constantes ao longo da precipitação e para cada sub-bacia (na Tabela 3.3 apresentam-se valores de coeficientes de escoamento para bacias urbanas - valores correspondentes a períodos de retorno compreendidos entre 5 e 10 anos). Contudo, o coeficiente, utilizado na fórmula racional não corresponde exatamente ao coeficiente de escoamento (relação entre volumes de escoamento e da precipitação que o origina). Pretende apenas traduzir os efeitos no caudal de ponta de cheia da retenção

superficial, da infiltração e do armazenamento, pelo que depende das características do solo, da sua ocupação e ainda do período de retorno.

Se a área considerada é constituída por superfícies de várias naturezas pode fazer-se uma média ponderada dos valores indicados na Tabela 3.3, usando a Eq. 3.3.

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^N S_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^N S_i} \quad \text{Eq. 3.3}$$

Em que:

S_i : superfície da área i (m^2)

C_i : coeficiente de escoamento da área i

C_m : coeficiente de escoamento médio ponderado

Tabela 3.3: Valores médios do coeficiente de escoamento (Marques & Sousa, 2018)

Ocupação do solo	C
Zonas verdes:	
- baldios	0,1 – 0,3
- relvados	0,05 – 0,20
- relvados em solos arenosos	0,15 – 0,35
- campos desportivos	0,20 – 0,35
Zonas comerciais:	
- centro da cidade	0,70 – 0,95
- periferia	0,50 – 0,70
Zonas residenciais:	
- habitações individuais no centro da cidade	0,30 – 0,50
- habitações individuais na periferia	0,25 – 0,40
- habitações coletivas	0,50 – 0,70
- telhados e coberturas	0,75 – 0,95
Zonas industriais:	
- dispersa	0,50 – 0,80
- concentrada	0,60 – 0,90
Vias de comunicação:	
- asfaltadas	0,70 – 0,90
- de betão	0,80 – 0,95
- passeios	0,75 – 0,85

O valor de C varia com a altura de precipitação e, no caso das coberturas verdes, varia também com as suas características, a altura de precipitação e as temperaturas em

períodos anteriores. A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), apresenta na Especificação Técnica ANQIP ETA 0701:2021, alguns valores para este coeficiente aplicado a diferentes tipos de coberturas (Tabela 3.4).

Tabela 3.4: Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C (adaptada de ETA ANQIP 0701:2021)

Tipo de cobertura	Valor médio de C a considerar para a pluviosidade anual
Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (telha cerâmica, chapa metálica, entre outras)	0,90
Coberturas inclinadas impermeáveis e rugosas (telas de betão, entre outras)	0,80
Coberturas planas sem inertes de proteção	0,80
Coberturas planas com inertes de proteção (areão, godo, entre outros)	0,70
Coberturas verdes intensivas, sem rega (espessura $e > 150$ mm)	0,30
Coberturas verdes extensivas, sem rega (espessura $e \leq 150$ mm)	0,50

3.2.5. Dimensionamento hidráulico-sanitário do sistema público de drenagem de águas pluviais

Após quantificação do caudal de ponta, o dimensionamento deverá ser efetuado de modo a que o coletor apresente capacidade para escoar esse caudal, e as condições de auto-limpeza são frequentemente verificadas para um caudal da ordem de 1/3 do respetivo caudal de ponta.

De seguida, referem-se as condições regulamentares para o dimensionamento de um sistema público de drenagem de águas pluviais e que podem ser observadas em Marques & Sousa (2018).

- ***Tensão crítica de arrastamento***

Atendendo aos fluidos envolvidos e matérias sólidas transportadas considerou-se o valor mínimo da tensão crítica de arrastamento como 4 N/m^2 em coletores de águas pluviais.

- ***Diâmetro mínimo***

Para evitar eventuais obstruções dos coletores, o RGSPDADAR impõe um diâmetro nominal mínimo ($D_{\text{mínR}}$) de 200 mm.

- ***Velocidade máxima***

A velocidade de escoamento máxima ($V_{\text{máxR}}$) admitida nos coletores de águas pluviais é 5 m/s, a fim de evitar consequências causadas por velocidades excessivas, tais como, erosão dos coletores e das câmaras de visita.

- ***Velocidade mínima***

A velocidade de escoamento não pode ser muito baixa, pois assim não terá capacidade de efetuar auto-limpeza, causando o depósito de partículas sólidas no fundo do coletor, o que irá prejudicar o funcionamento da rede. Assim, adota-se uma velocidade mínima ($V_{\text{mínR}}$) igual a 0,9 m/s.

- ***Altura máxima***

O escoamento em sistemas de drenagem deve realizar-se em superfície livre. Assim, como não se prevê que os coletores possam entrar em carga, limitam-se as exigências a impor aos materiais de que são feitos os coletores. Admite-se que a altura da lâmina líquida possa ser igual ao diâmetro do coletor.

- ***Inclinação máxima***

Inclinações elevadas podem ocasionar o escorregamento dos coletores e consequentemente abertura das juntas de ligação e perda da estanqueidade da rede. Por este motivo a inclinação dos coletores não deve ser superior a 15% ($i_{\text{máxR}}$).

- ***Inclinação mínima***

Também é adotado um valor mínimo para a inclinação, que corresponde a 0,3% ($i_{\text{mínR}}$). Essa inclinação é adotada a fim de evitar situações de coletores horizontais ou com inclinação contrária ao sentido do escoamento após a implantação dos coletores.

- ***Leis de resistência***

Nos escoamentos com superfície livre a equação mais comum para analisar o comportamento hidráulico é a equação de Manning-Strickler:

$$Q = A_m \cdot K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Eq. 3.4}$$

Em que:

Q: caudal (m³/s)

A_m: área da secção do escoamento ou área molhada (m²)

K_s: coeficiente de rugosidade (m^{1/3}/s);

R_h: raio hidráulico (m)

i: inclinação do coletor (m/m)

O coeficiente de rugosidade do Polipropileno Corrugado foi estimado de acordo com Pedroso (2016) e Marques e Sousa (2018). De referir que este coeficiente toma o valor de 110 m^{1/3}/s para PVC e 125 m^{1/3}/s para PEAD (Marques & Sousa, 2018), e 120 m^{1/3}/s para PVC (Pedroso, 2016). Como não está especificado o coeficiente do Polipropileno Corrugado, foi adotado o valor de 110 m^{1/3}/s.

Como se trata de um escoamento de superfície livre, onde nem toda a secção do coletor é preenchida, é necessário calcular a altura do escoamento (h) (Eq. 3.5), a área molhada (A_m) (Eq. 3.6) e o perímetro molhado (P_m) (Eq. 3.7) em função do ângulo ao centro θ (radianos).

$$h = \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) \quad \text{Eq. 3.5}$$

$$A_m = \frac{D^2}{8} \cdot (\theta - \sin \theta) \quad \text{Eq. 3.6}$$

$$P_m = \frac{D \cdot \theta}{2} \quad \text{Eq. 3.7}$$

Pode ainda calcular-se o raio hidráulico a partir do quociente entre a área molhada e o perímetro molhado (Eq. 3.8).

$$R_h = \frac{D \cdot (\theta - \sin \theta)}{4 \theta} \quad \text{Eq. 3.8}$$

Da substituição das expressões anteriores na equação de Manning-Strickler resulta a Eq. 3.9 que permite calcular o caudal escoado, a qual, dividida pela área molhada, permite determinar a velocidade do escoamento (Eq. 3.10).

$$Q = \frac{K_s}{20.159} \cdot D^{8/3} \cdot \frac{(\theta - \sin \theta)^{5/3}}{\theta^{2/3}} \cdot i^{1/2} \quad \text{Eq. 3.9}$$

$$V = \frac{K_s}{2.52} \cdot D^{2/3} \cdot \left(\frac{\theta - \sin \theta}{\theta}\right)^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Eq. 3.10}$$

▪ **Verificação das imposições regulamentares**

A imposição de uma altura máxima de lâmina líquida pode ser expressa matematicamente pela Eq. 3.11.

$$\frac{h}{D} \leq a \quad \text{Eq. 3.11}$$

A constante **a** toma o valor de 1 no caso de coletores pluviais. Esta condição conjugada com a Eq. 3.4 resulta na Eq. 3.12:

$$\theta \leq 2\arccos(1 - 2a) \quad \text{Eq. 3.12}$$

Assim, o diâmetro mínimo para a velocidade máxima e o diâmetro mínimo para a inclinação máxima, podem ser determinados a partir da Eq. 3.13 e Eq. 3.14, respetivamente, associadas à condição de diâmetro mínimo ($D_{\min R}$). De referir que θ toma o valor igual à Eq. 3.12.

$$D \geq \sqrt{\frac{8 Q_{\max}}{V_{\max R} \cdot (\theta - \sin \theta)}} \quad \text{Eq. 3.13}$$

$$D \geq \left(\frac{20,159 Q_{\max}}{K_s \cdot \sqrt{i_{\max R}}}\right)^{3/8} \cdot \frac{\theta^{1/4}}{(\theta - \sin \theta)^{5/8}} \quad \text{Eq. 3.14}$$

Após se ter definido o diâmetro a utilizar, com base nos critérios de dimensionamento regulamentares, pode estabelecer-se um intervalo de inclinações cuja

implementação permitirá verificar automaticamente os critérios definidos. Neste sentido, com o critério de altura máxima da lâmina líquida pode estabelecer-se uma condição de inclinação mínima (Eq. 3.15), em que θ toma o valor igual à Eq. 3.12.

$$i_{mính} = \left(\frac{20.159 Q_{máx}}{K_s \cdot D^{8/3}} \cdot \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right)^2 \quad \text{Eq. 3.15}$$

Por outro lado, o critério de velocidade mínima permite estabelecer outra condição de inclinação mínima (Eq. 3.16), onde θ toma o valor da Eq. 3.17.

$$i_{mínv} = \left(\frac{20.159 Q_{al}}{K_s D^{8/3}} \times \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right)^2 \quad \text{Eq. 3.16}$$

$$(\theta - \sin \theta) = \frac{8 Q_{al}}{D^2 \cdot V_{mínR}} \quad \text{Eq. 3.17}$$

Por último, o critério de velocidade máxima impõe uma condição de inclinação máxima (Eq. 3.18), onde θ toma o valor da Eq. 3.19.

$$i_{máxv} = \left(\frac{20.159 Q_{máx}}{K_s \cdot D^{8/3}} \cdot \frac{\theta^{2/3}}{(\theta - \sin \theta)^{5/3}} \right)^2 \quad \text{Eq. 3.18}$$

$$(\theta - \sin \theta) = \frac{8 Q_{máx}}{D^2 \cdot V_{máxR}} \quad \text{Eq. 3.19}$$

Com base nas condições referidas, definem-se as inclinações mínima e máxima a que o coletor poderá ser colocado:

$$i_{mín} = \text{Máx} (i_{mính}; i_{mínv}; i_{mínR}); \quad i_{máx} = \text{Mín} (i_{máxv}; i_{máxR})$$

Dessa forma, desde que se adote para os coletores uma inclinação que cumpra a condição seguinte, garante-se que todos os critérios regulamentares são cumpridos.

$$i_{mín} \leq i_{col} \leq i_{máx}$$

▪ **Implantação dos coletores**

Existem 3 situações distintas na implantação dos coletores, referindo-se de seguida.

○ **Situação 1: Não se atinge o recobrimento mínimo a jusante**

Essa situação ocorre quando a condição abaixo for satisfeita e a Figura 3.3 ilustra a situação em questão.

$$R_{\text{mín mont}} + L \cdot (i_{\text{mín}} - i_{\text{terreno}}) > R_{\text{mín jus}}$$

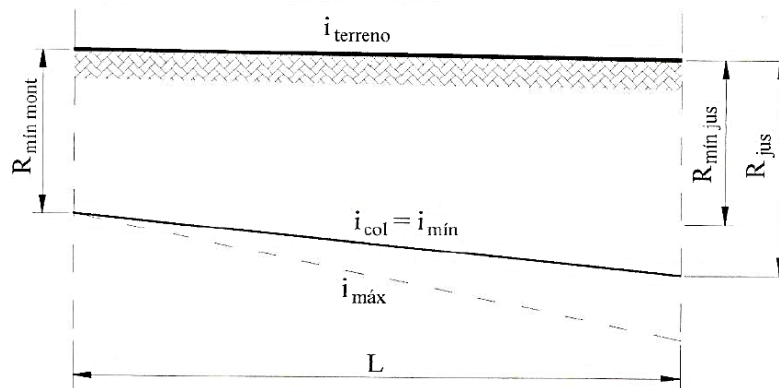


Figura 3.3: Terreno plano - não se atinge o recobrimento mínimo a jusante (Marques & Sousa, 2018)

Neste caso, tem-se a inclinação do coletor igual à inclinação mínima ($i_{\text{col}} = i_{\text{mín}}$) e os recobrimentos a montante e a jusante são:

$$R_{\text{mont}} = R_{\text{mín mont}}$$

$$R_{\text{jus}} = R_{\text{mín mont}} + L \cdot (i_{\text{mín}} - i_{\text{terreno}})$$

Em que:

R_{mont} : recobrimento a montante (m)

$R_{\text{mín mont}}$: recobrimento mínimo exigido a montante (m)

R_{jus} : recobrimento a jusante (m)

$R_{\text{mín jus}}$: recobrimento mínimo exigido a jusante (m)

i_{terreno} : inclinação do terreno

$i_{\text{mín}}$: menor inclinação que o coletor pode adotar

$i_{\text{máx}}$: maior inclinação que o coletor pode adotar

i_{col} : inclinação que o coletor deve adotar

L : comprimento do coletor (m)

○ **Situação 2: Atinge-se o recobrimento mínimo a jusante**

Acontece quando se verificam as condições seguintes e é ilustrado na Figura 3.4.

$$R_{\text{mín mont}} + L \cdot (i_{\text{mín}} - i_{\text{terreno}}) \leq R_{\text{mín jus}}$$

$$R_{\text{mín mont}} + L \cdot (i_{\text{máx}} - i_{\text{terreno}}) \geq R_{\text{mín jus}}$$

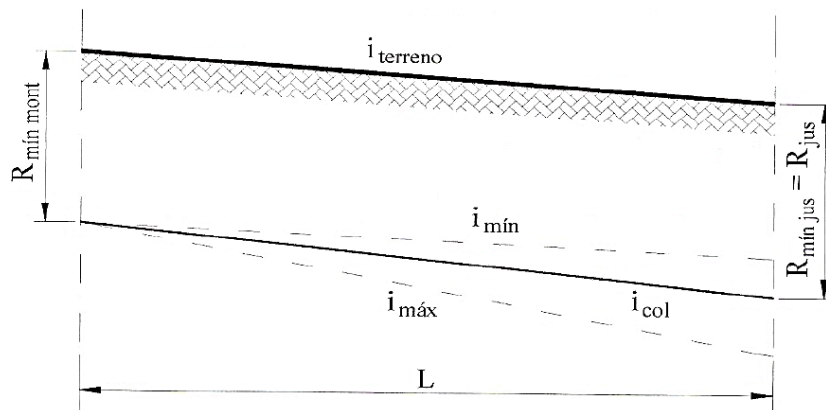


Figura 3.4: Terreno inclinado - atinge-se o recobrimento mínimo a jusante (Marques & Sousa, 2018)

Nessa situação, tem-se a inclinação do coletor entre as inclinações mínima e máxima ($i_{\text{mín}} \leq i_{\text{col}} \leq i_{\text{máx}}$):

$$i_{\text{col}} = \frac{R_{\text{mín jus}} - R_{\text{mín mont}}}{L} + i_{\text{terreno}}$$

E os recobrimentos são:

$$R_{\text{mont}} = R_{\text{mín mont}}$$

$$R_{\text{jus}} = R_{\text{mín jus}}$$

○ **Situação 3: Queda a montante**

Nesta situação, acontece um grande desnível entre montante e jusante, e satisfaz a condição seguinte, que se ilustra na Figura 3.5.

$$R_{\text{mín mont}} + L \cdot (i_{\text{máx}} - i_{\text{terreno}}) < R_{\text{mín jus}}$$

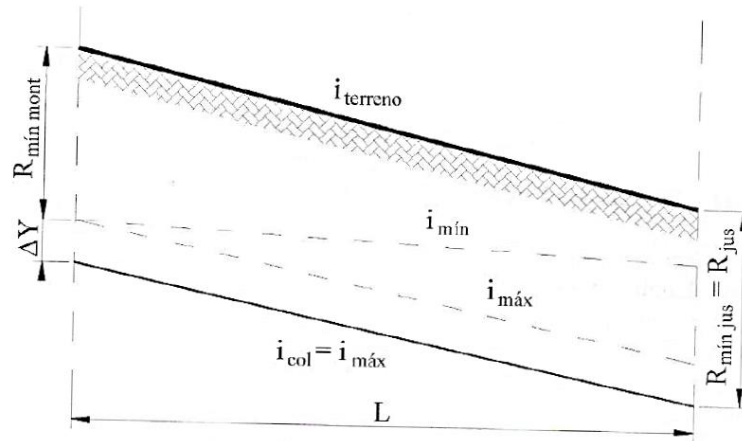


Figura 3.5: Terreno muito inclinado - necessita de queda a montante (Marques & Sousa, 2018)

O coletor é então implantado com a inclinação máxima ($i_{col} = i_{máx}$).

A queda na câmara de visita é dada por:

$$\Delta Y = R_{mín jus} - R_{mín mont} + L \cdot (i_{terreno} - i_{máx})$$

E os recobrimentos a montante e a jusante são:

$$R_{mont} = R_{mín mont} + \Delta Y$$

$$R_{jus} = R_{mín jus}$$

- **Profundidades e cotas de soleira nas câmaras de visita**

A partir dos recobrimentos encontrados calcula-se a profundidade da soleira (P_{sol}) e a cota da soleira (C_{sol}) em cada câmara de visita, da seguinte forma e como é possível observar na Figura 3.6:

$$P_{sol} = \text{Recobrimento} + \text{Espessura} + \text{Diâmetro interno}$$

$$C_{sol} = \text{Cota do terreno} - \text{Profundidade da soleira}$$

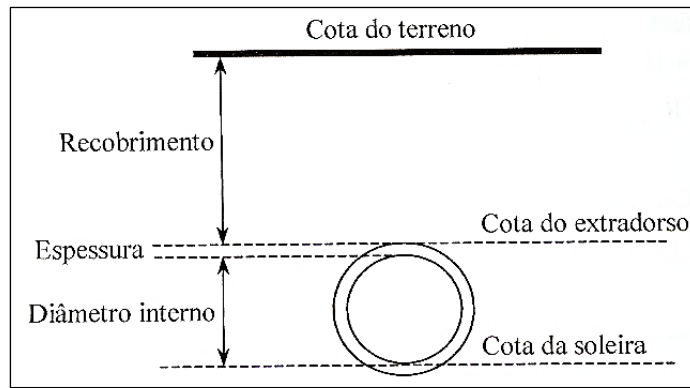


Figura 3.6: Implantação dos coletores (Marques & Sousa, 2018)

▪ ***Cálculo das condições de escoamento***

Conhecidos os diâmetros e inclinações dos coletores, podem calcular-se as condições do escoamento (mínimas e máximas). Através de um processo iterativo é possível determinar o ângulo ao centro θ (Eq. 3.20):

$$\theta = \sin \theta + 6.063 \cdot \left(\frac{Q}{K_s \cdot \sqrt{i}} \right)^{0.6} \cdot D^{-1.6} \cdot \theta^{0.4} \quad \text{Eq. 3.20}$$

Após a determinação do ângulo ao centro θ , podem utilizar-se equações anteriores para se obterem os valores da altura da lâmina líquida, área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico e velocidade de escoamento. Sabendo ainda a velocidade de escoamento e o comprimento do coletor pode obter-se o tempo de percurso.

Os coletores serão em Polipropileno Corrugado (tubos coletores corrugados de dupla parede (C2), com os diâmetros da Figura 3.7, ou equivalente).

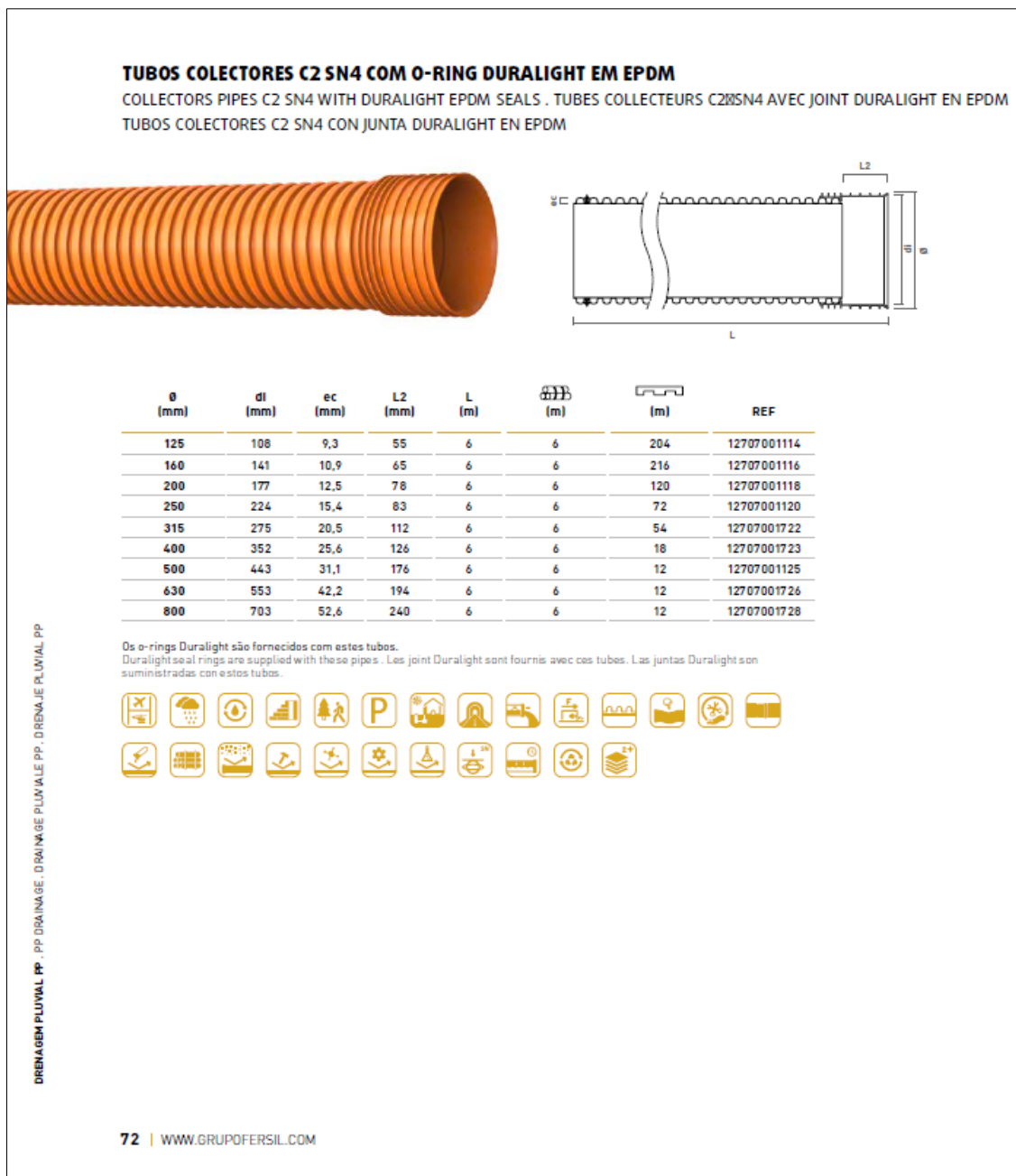


Figura 3.7: Diâmetros de tubos coletores para drenagem pluvial (Fersil, s.d.)

Assim, e de acordo com Marques & Sousa (2018), o dimensionamento inicia-se com a determinação da área efetiva (produto da área drenada pelo coeficiente de escoamento), do tempo de concentração (tempo de entrada + tempo de percurso) e da intensidade de precipitação (curva I-D-F adotada, usando os tempos de concentração calculados).

Com os valores das áreas efetivas e das intensidades de precipitação calculam-se os caudais máximos (método racional, $Q = C \cdot I \cdot A$) e os caudais mínimos (30% dos máximos). Seguidamente, e face aos critérios acima mencionados, calculam-se os

diâmetros, inclinações, velocidades, alturas do escoamento (lâmina líquida), tensões de arrasto e tempo de percurso.

Foram estabelecidos 6 cenários para o dimensionamento da rede pública de drenagem de águas pluviais, nomeadamente:

- Cenários 1.1, 1.2 e 1.3: dimensionamento da rede pública de drenagem de águas pluviais utilizando coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (CI), coberturas planas com inertes de proteção (CP) e cobertura verdes extensivas, sem rega (CV), respetivamente, para a região pluviométrica B.
- Cenários 2.1, 2.2 e 2.3: dimensionamento da rede pública de drenagem de águas pluviais utilizando coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (CI), coberturas planas com inertes de proteção (CP) e cobertura verdes extensivas, sem rega (CV), respetivamente, para a região pluviométrica C.

Capítulo 4. Resultados e discussão

4.1. Rede pública de drenagem de águas pluviais

Na Figura 4.1 apresenta-se o traçado da rede pública de drenagem de águas pluviais projetada (a azul), bem como a rede pública de drenagem de águas residuais (a cinzento), para se perceber que não existe sobreposição de redes.

A área a magenta não foi considerada, visto a drenagem desses dois lotes não ser feita dentro da área de estudo. Assim a área de estudo que inicialmente era de 22.227,00 m², passou a ser de 21.038,37 m².

As áreas das diferentes superfícies constituintes do loteamento apresentam-se na Tabela 4.1, bem como o coeficiente de escoamento definido a partir do descrito no *Capítulo 3. Materiais e métodos*.

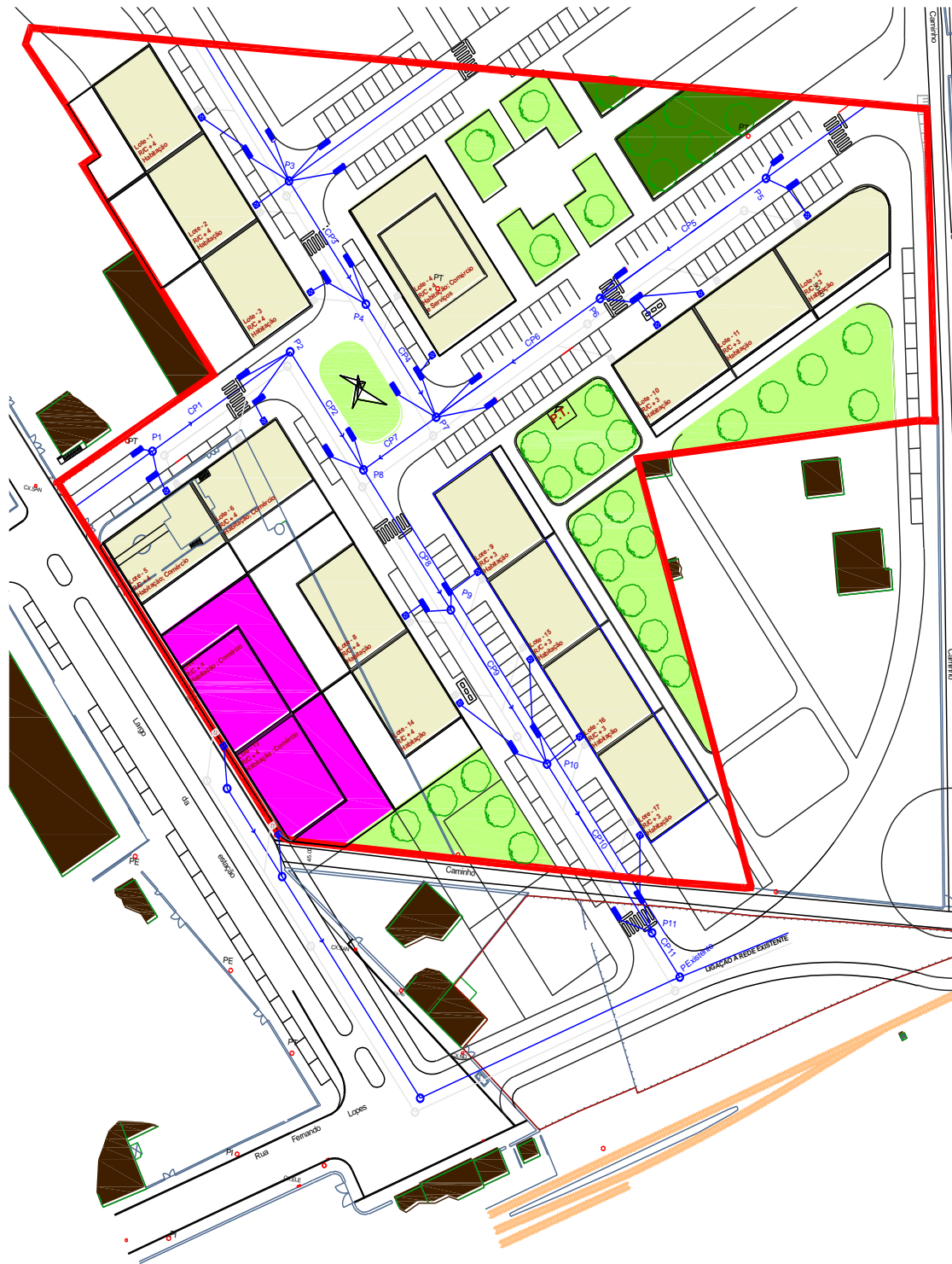
Tabela 4.1: Área das superfícies do loteamento e coeficiente de escoamento

Superfície		Área (m ²)	Coeficiente de escoamento (C)
Arruamentos	Estradas	9.928,65	0,80
	Passeios		
	Estacionamentos		
Áreas verdes		3.428,55	0,20
Lotes	Área de implantação	5.769,85	0,90 ⁽¹⁾ ; 0,70 ⁽²⁾ ; 0,50 ⁽³⁾
	Logradouro (50% de área pavimentada)	955,66	0,80
	Logradouro (50% de área verde)	955,66	

(1) Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (cenários 1.1 e 2.1)

(2) Coberturas planas com inertes de proteção (cenários 1.2 e 2.2)

(3) Coberturas verdes extensivas, sem rega (cenários 1.3 e 2.3)



LEGENDA:







	Área de estudo		Câmara de Ramal de Ligação
	Coletor público de drenagem de águas pluviais		Câmara de Visita
	Coletor público de drenagem de águas residuais		Sumidouro



Figura 4.1: Traçado das redes públicas de drenagem de águas pluviais (azul) e residuais (cinzento) (desenho sem escala sem escala)

4.2. Dimensionamento do sistema público de drenagem pluvial do loteamento urbano

Na Tabela 4.2 apresentam-se, resumidamente, os 6 cenários propostos. Atendendo ao facto da área considerada ser constituída por superfícies de várias naturezas, determinou-se um coeficiente de escoamento médio ponderado (C_m) (ver Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Cenários propostos para dimensionamento

Cenários	Critérios					Coeficiente de escoamento médio ponderado (C_m)
	Tipo de cobertura			Região pluviométrica		
	Inclinadas impermeáveis e lisas A	Planas com inertes de proteção B	Verdes extensivas, sem rega C	B	C	
1.1	x			x		0,70
1.2		x		x		0,65
1.3			x	x		0,59
2.1	x				x	0,70
2.2		x			x	0,65
2.3			x		x	0,59

Dimensionou-se a rede pública de drenagem de águas pluviais representada esquematicamente em planta (a azul) na Figura 4.2, onde os coletores representados por linhas, estão designados por CP_i e as câmaras de visita, representadas por círculos, estão designadas por P_i .

O recobrimento mínimo é de 1,00 m e realizou-se o dimensionamento sem ultrapassar os 4,00 m de profundidade.

A bacia drenada é considerada inclinada (1,5% a 8%, com áreas impermeáveis superiores a 50%). O período de retorno, tendo em consideração o tipo de bacia e o grau de risco aceitável, foi considerado de 10 anos. De acordo com a Tabela 3.2 do *Capítulo 3. Materiais e métodos*, as curvas I-D-F adotadas foram: $I = 232,21 \cdot t^{-0,549}$ (Região B) e $I = 348,82 \cdot t^{-0,549}$ (Região C). O tempo considerado para a entrada da água nos coletores foi de 7,5 minutos, tendo-se considerado que o caudal mínimo seria igual a 30% do caudal máximo, com um mínimo de 5 l/s.

A velocidade mínima considerada foi de 0,90 m/s, a velocidade máxima de 5,00 m/s, a inclinação mínima de 0,3% e a inclinação máxima de 15,0%.

O cálculo iniciou-se com a determinação da área efetiva (produto da área drenada pelo coeficiente de escoamento), do tempo de concentração (tempo de entrada + tempo de percurso) e da intensidade de precipitação (curva I-D-F adotada, usando os tempos de concentração calculados). Esses valores podem ser observados na Tabela 4.3.

Com os valores das áreas efetivas e das intensidades de precipitação calcularam-se os caudais máximos (método racional, $Q = C \cdot I \cdot A$) e os caudais mínimos (30% dos máximos). Seguidamente aplicou-se o procedimento de dimensionamento descrito no *Capítulo 3. Materiais e métodos*, calculando-se os diâmetros, as inclinações, as velocidades, as alturas do escoamento (lâmina líquida), as tensões de arrasto e os tempos de percurso. Conhecidos os valores anteriores, e verificando que satisfazem as condições regulamentares, procedeu-se à implantação dos coletores.

Na Figura 4.2 apresenta-se o loteamento urbano considerando que os edifícios terão **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$), resumindo-se os resultados obtidos para o cálculo hidráulico, elementos para implantação dos coletores e elementos para implantação das câmaras de visita nas Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 (**cenário 1.1**) e nas Tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 (**cenário 2.1**), respetivamente.

Na Figura 4.3 é mostrado o loteamento urbano considerando que os edifícios terão **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$), resumindo-se os resultados obtidos para o cálculo hidráulico, elementos para implantação dos coletores e elementos para implantação das câmaras de visita nas Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 (**cenário 1.2**) e nas Tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 (**cenário 2.2**), respetivamente.

Na Figura 4.4, mostra-se o loteamento urbano considerando que os edifícios terão **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$), e os resultados obtidos para o cálculo hidráulico, elementos para implantação dos coletores e elementos para implantação das câmaras de visita resumem-se nas Tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 (**cenário 1.3**) e nas Tabelas 4.19, 4.20 e 4.21 (**cenário 2.2**), respetivamente.

Cenários 1 e 2: Loteamento localizado nas Região B e C, com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas**, **coberturas planas com inertes de proteção** e **coberturas verdes extensivas, sem rega**.

Tabela 4.3: Área efetiva, tempo de concentração e intensidade de precipitação para os 6 cenários

Coletor	Área drenada (m ²)	Área efetiva (m ²)			Tempo de concentração (min)			Intensidade de precipitação (mm/h)			Tempo de concentração (min)			Intensidade de precipitação (mm/h)			
					Região B						Região C						
	CI	CP	CV	CI	CP	CV	CI	CP	CV	CI	CP	CV	CI	CP	CV	CI	CP
CP1	1712,31	1202,71	1108,79	1014,87	7,50	7,50	7,50	76,82	76,82	76,82	7,50	7,50	7,50	115,40	115,40	115,40	
CP2	2579,77	1812,00	1670,50	1529,00	7,80	7,81	7,81	75,18	75,14	75,11	7,78	7,78	7,79	113,13	113,10	113,06	
CP3	3789,24	2661,53	2453,68	2245,84	7,50	7,50	7,50	76,82	76,82	76,82	7,50	7,50	7,50	115,40	115,40	115,40	
CP4	4914,52	3451,91	3182,35	2912,78	7,62	7,63	7,63	76,13	76,12	76,10	7,62	7,62	7,62	114,44	114,42	114,41	
CP5	1854,01	1302,24	1200,54	1098,85	7,50	7,50	7,50	76,82	76,82	76,82	7,50	7,50	7,50	115,40	115,40	115,40	
CP6	4350,22	3055,55	2816,94	2578,33	7,93	7,96	7,99	74,48	74,36	74,21	7,93	7,85	7,84	111,93	112,58	112,59	
CP7	12069,89	8477,78	7815,74	7153,70	7,73	7,75	7,78	75,53	75,43	75,30	7,75	7,66	7,66	113,34	114,04	114,09	
CP8	15135,70	10631,18	9800,97	8970,77	8,02	8,02	8,06	74,02	74,02	73,85	8,03	7,95	7,92	111,17	111,74	112,03	
CP9	17340,43	12179,76	11228,62	10277,49	8,15	8,16	8,21	73,37	73,32	73,09	8,15	8,11	8,08	110,25	110,58	110,76	
CP10	19396,35	13623,82	12559,91	11496,01	8,28	8,30	8,36	72,77	72,67	72,38	8,28	8,25	8,24	109,26	109,50	109,57	
CP11	24038,37 ⁽¹⁾	16884,33	15565,81	14247,28	8,45	8,51	8,50	71,94	71,66	71,71	8,42	8,39	8,38	108,30	108,49	108,60	

⁽¹⁾ A área drenada pelo coletor CP11 é de 24.038,37 m², pelo facto de às câmaras de visita P1, P3 e P5, afluirem caudais provenientes de áreas com 1000 m² cada.



LEGENDA:









	Área de estudo		Câmara de Ramal de Ligação	
	Coletor público de drenagem de águas pluviais		Câmara de Visita	
	Coletor público de drenagem de águas residuais		Sumidouro	
	Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas			

Figura 4.2: Loteamento urbano com coberturas inclinadas impermeáveis e lisas $C_m = 0,70$ (desenho sem escala)

- **Cenário 1.1:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.4: Cálculo hidráulico para o cenário 1.1

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D_{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m^2)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Min.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	7,70	25,66	177,00	1,99	1,43	1,98	0,048	0,092	5,43	8,86	0,30	0,42
CP2	11,35	37,84	177,00	6,34	2,41	3,36	0,044	0,083	15,92	26,27	0,14	0,20
CP3	17,04	56,79	177,00	7,53	2,88	3,96	0,051	0,100	21,72	35,14	0,12	0,17
CP4	21,90	73,00	177,00	6,18	2,87	3,85	0,062	0,127	20,64	32,00	0,12	0,16
CP5	8,34	27,79	177,00	9,51	2,54	3,59	0,034	0,062	19,10	32,08	0,20	0,28
CP6	18,97	63,22	177,00	3,49	2,25	2,93	0,066	0,145	12,35	18,40	0,24	0,32
CP7	53,36	177,87	275,00	2,63	2,62	3,41	0,103	0,225	14,49	21,58	0,09	0,12
CP8	65,58	218,59	275,00	3,97	3,22	4,20	0,103	0,225	21,88	32,59	0,13	0,17
CP9	74,47	248,24	275,00	5,13	3,65	4,76	0,103	0,225	28,23	42,03	0,13	0,17
C10	82,62	275,39	352,00	3,49	3,21	4,40	0,109	0,216	21,17	33,85	0,15	0,21
CP11	101,23	337,43	443,00	2,24	2,85	3,40	0,125	0,272	15,78	27,34	0,05	0,06

- **Cenário 1.1:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.5: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.1

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	42,73	1,19	2,27	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	200,00	27,20	46,80	45,12	45,61	43,28	1,19	1,84	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	200,00	42,50	46,00	45,12	44,81	43,28	1,19	1,84	1,00	1,60
CP7	P7	P8	315,00	18,90	45,12	45,00	43,28	42,73	1,84	2,27	1,60	1,98
CP8	P8	P9	315,00	33,70	45,00	43,80	42,73	41,39	2,27	2,41	1,98	2,12
CP9	P9	P10	315,00	37,00	43,80	42,80	41,39	39,49	2,41	3,31	2,12	3,01
C10	P10	P11	400,00	40,50	42,80	39,37	39,49	37,99	3,31	1,38	3,01	1,00
CP11	P11	PE	500,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 1.1:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.6: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 1.1**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	43,28	1,84	1,00
P8	45,00	42,73	2,27	1,00
P9	43,80	41,39	2,41	1,00
P10	42,80	39,49	3,31	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00

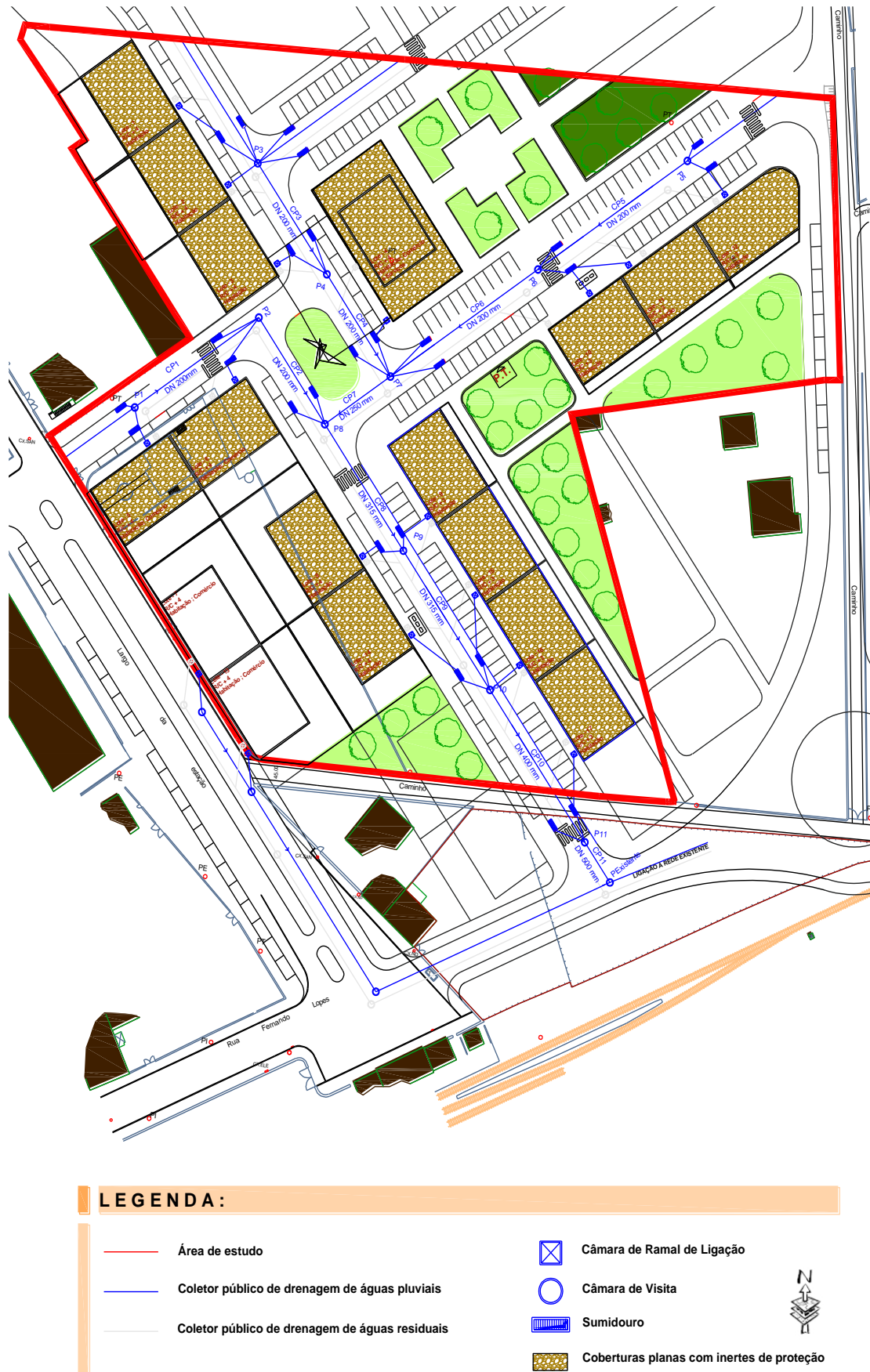


Figura 4.3: Loteamento com coberturas planas com inertes de proteção ($C_m = 0,65$) (desenho sem escala)

- **Cenário 1.2:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.7: Cálculo hidráulico para o cenário 1.2

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D_{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m^2)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	7,10	23,66	177,00	1,99	1,39	1,94	0,046	0,088	5,24	8,60	0,31	0,43
CP2	10,46	34,87	177,00	6,34	2,35	3,29	0,042	0,079	15,37	25,44	0,14	0,20
CP3	15,71	52,36	177,00	7,53	2,81	3,89	0,049	0,095	20,98	34,14	0,13	0,18
CP4	20,19	67,29	177,00	6,18	2,81	3,80	0,059	0,120	19,95	31,36	0,12	0,16
CP5	7,69	25,62	177,00	9,51	2,48	3,51	0,032	0,060	18,43	31,01	0,20	0,29
CP6	17,45	58,18	177,00	2,95	2,07	2,70	0,066	0,145	10,46	15,58	0,26	0,34
CP7	49,13	163,75	224,00	6,66	3,63	4,74	0,084	0,184	29,87	44,49	0,07	0,09
CP8	60,46	201,53	275,00	3,38	2,97	3,87	0,103	0,225	18,60	27,70	0,15	0,19
CP9	68,61	228,71	275,00	4,35	3,37	4,39	0,103	0,225	23,96	35,68	0,14	0,18
C10	76,06	253,54	352,00	3,38	3,10	4,26	0,105	0,207	19,90	32,02	0,16	0,22
CP11	92,95	309,84	443,00	2,24	2,78	3,29	0,119	0,261	15,22	26,76	0,05	0,06

- **Cenário 1.2:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.8: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.2

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	42,19	1,19	2,81	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	200,00	27,20	46,80	45,12	45,61	43,51	1,19	1,61	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	200,00	42,50	46,00	45,12	44,81	43,51	1,19	1,61	1,00	1,37
CP7	P7	P8	250,00	18,90	45,12	45,00	43,51	42,19	1,61	2,81	1,37	2,51
CP8	P8	P9	315,00	33,70	45,00	43,80	42,19	41,05	2,81	2,75	2,51	2,45
CP9	P9	P10	315,00	37,00	43,80	42,80	41,05	39,44	2,75	3,36	2,45	3,06
C10	P10	P11	400,00	40,50	42,80	39,37	39,44	37,99	3,36	1,38	3,06	1,00
CP11	P11	PE	500,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 1.2:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.9: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 1.2**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	43,51	1,61	1,00
P8	45,00	42,19	2,81	1,25
P9	43,80	41,05	2,75	1,25
P10	42,80	39,44	3,36	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00



LEGENDA :

- Área de estudo
- Coletor público de drenagem de águas pluviais
- Coletor público de drenagem de águas residuais
- Câmara de Ramal de Ligação
- Câmara de Visita
- Sumidouro
- Coberturas verdes extensivas, sem rega



Figura 4.4: Loteamento com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)
(desenho sem escala)

- **Cenário 1.3:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.10: Cálculo hidráulico para o cenário 1.3

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D_{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m^2)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	6,50	21,66	177,00	1,99	1,36	1,89	0,044	0,084	5,04	8,31	0,31	0,44
CP2	9,57	31,90	177,00	6,34	2,29	3,21	0,040	0,075	14,78	24,56	0,15	0,21
CP3	14,38	47,92	177,00	7,53	2,74	3,81	0,047	0,090	20,19	33,05	0,13	0,18
CP4	18,47	61,57	177,00	6,18	2,74	3,73	0,056	0,112	19,22	30,56	0,12	0,17
CP5	7,03	23,45	177,00	9,51	2,42	3,42	0,031	0,057	17,72	29,88	0,21	0,30
CP6	15,94	53,15	177,00	2,46	1,89	2,46	0,066	0,145	8,73	13,00	0,29	0,38
CP7	44,89	149,63	224,00	5,56	3,32	4,33	0,084	0,184	24,94	37,15	0,07	0,09
CP8	55,21	184,02	275,00	2,82	2,71	3,53	0,103	0,225	15,51	23,10	0,16	0,21
CP9	62,60	208,66	275,00	3,62	3,07	4,00	0,103	0,225	19,94	29,70	0,15	0,20
C10	69,34	231,15	275,00	5,54	3,68	4,91	0,097	0,203	29,14	44,87	0,14	0,18
CP11	85,14	283,81	352,00	2,24	2,76	3,68	0,125	0,260	15,10	23,27	0,05	0,06

- **Cenário 1.3:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.11: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 1.3

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	42,61	1,19	2,39	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	200,00	27,20	46,80	45,12	45,61	43,72	1,19	1,40	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	200,00	42,50	46,00	45,12	44,81	43,72	1,19	1,40	1,00	1,17
CP7	P7	P8	250,00	18,90	45,12	45,00	43,72	42,61	1,40	2,39	1,17	2,10
CP8	P8	P9	315,00	33,70	45,00	43,80	42,61	41,66	2,39	2,14	2,10	1,85
CP9	P9	P10	315,00	37,00	43,80	42,80	41,66	40,32	2,14	2,48	1,85	2,19
C10	P10	P11	315,00	40,50	42,80	39,37	40,32	37,99	2,48	1,38	2,19	1,00
CP11	P11	PE	400,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 1.3:** Loteamento localizado na Região B com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.12: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 1.3**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	43,72	1,40	1,00
P8	45,00	42,61	2,39	1,00
P9	43,80	41,66	2,14	1,00
P10	42,80	40,32	2,48	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00

- **Cenário 2.1:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.13: Cálculo hidráulico para o cenário 2.1

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D _{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m ²)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	11,57	38,55	177,00	1,99	1,60	2,16	0,059	0,121	6,45	10,12	0,28	0,37
CP2	17,08	56,94	177,00	6,34	2,71	3,71	0,054	0,106	18,98	30,47	0,13	0,17
CP3	25,59	85,31	177,00	7,53	3,22	4,28	0,063	0,134	25,78	39,47	0,12	0,15
CP4	32,92	109,73	224,00	6,18	3,16	4,32	0,069	0,138	23,81	38,08	0,10	0,14
CP5	12,52	41,74	177,00	9,51	2,86	4,01	0,041	0,078	22,83	37,84	0,18	0,25
CP6	28,50	95,00	224,00	2,24	2,11	2,75	0,084	0,184	10,05	14,97	0,26	0,34
CP7	80,07	266,90	352,00	1,59	2,40	3,13	0,132	0,289	11,19	16,67	0,10	0,13
CP8	98,49	328,29	352,00	3,55	3,40	4,58	0,119	0,243	23,10	36,15	0,12	0,17
CP9	111,90	373,01	352,00	3,10	3,35	4,37	0,132	0,289	21,86	32,56	0,14	0,18
C10	124,05	413,49	443,00	3,71	3,61	5,00	0,122	0,234	25,57	41,68	0,14	0,19
CP11	152,38	507,92	553,00	2,24	3,13	3,94	0,142	0,292	18,21	31,46	0,05	0,06

- **Cenário 2.1:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.14: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.1

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	43,45	1,19	1,55	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	250,00	27,20	46,80	45,12	45,61	43,81	1,19	1,31	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	250,00	42,50	46,00	45,12	44,81	43,81	1,19	1,31	1,00	1,07
CP7	P7	P8	400,00	18,90	45,12	45,00	43,81	43,45	1,31	1,55	1,07	1,25
CP8	P8	P9	400,00	33,70	45,00	43,80	43,45	42,51	1,55	1,30	1,25	1,00
CP9	P9	P10	400,00	37,00	43,80	42,80	42,51	39,58	1,30	3,22	1,00	1,15
C10	P10	P11	500,00	40,50	42,80	39,37	39,58	37,99	3,22	1,38	2,93	1,00
CP11	P11	PE	630,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 2.1:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** ($C_m = 0,70$)

Tabela 4.15: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 2.1**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	43,81	1,31	1,00
P8	45,00	43,45	1,55	1,00
P9	43,80	42,51	1,30	1,00
P10	42,80	39,58	3,22	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00

- **Cenário 2.2:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.16: Cálculo hidráulico para o cenário 2.2

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D _{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m ²)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	10,66	35,54	177,00	1,99	1,56	2,13	0,057	0,114	6,23	9,89	0,28	0,38
CP2	15,74	52,48	177,00	6,34	2,64	3,64	0,052	0,100	18,33	29,64	0,13	0,18
CP3	23,60	78,65	177,00	7,53	3,15	4,24	0,061	0,125	24,92	38,81	0,12	0,16
CP4	30,34	101,15	177,00	8,92	3,59	4,69	0,066	0,145	31,63	47,10	0,10	0,13
CP5	11,54	38,48	177,00	9,51	2,79	3,92	0,040	0,074	22,04	36,64	0,18	0,26
CP6	26,43	88,09	177,00	7,77	3,29	4,36	0,064	0,135	26,78	40,83	0,16	0,22
CP7	74,28	247,59	352,00	1,37	2,22	2,90	0,132	0,289	9,63	14,35	0,11	0,14
CP8	91,26	304,21	352,00	2,06	2,73	3,56	0,132	0,289	14,54	21,66	0,16	0,21
CP9	103,47	344,90	352,00	2,65	3,10	4,04	0,132	0,289	18,69	27,84	0,15	0,20
C10	114,61	382,03	352,00	4,14	3,74	5,00	0,124	0,258	27,75	42,83	0,14	0,18
CP11	140,73	469,10	443,00	2,24	3,12	3,88	0,148	0,325	18,15	29,22	0,05	0,06

- **Cenário 2.2:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.17: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.2

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	41,57	1,19	3,43	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	200,00	27,20	46,80	45,12	45,61	41,89	1,19	3,23	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	200,00	42,50	46,00	45,12	44,81	41,89	1,19	3,23	1,00	3,00
CP7	P7	P8	400,00	18,90	45,12	45,00	41,89	41,57	3,23	3,43	3,00	3,13
CP8	P8	P9	400,00	33,70	45,00	43,80	41,57	40,88	3,43	2,92	3,13	2,63
CP9	P9	P10	400,00	37,00	43,80	42,80	40,88	39,75	2,92	3,05	2,63	2,61
C10	P10	P11	400,00	40,50	42,80	39,37	39,75	37,99	3,05	1,38	2,75	1,00
CP11	P11	PE	500,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 2.2:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção** ($C_m = 0,65$)

Tabela 4.18: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 2.2**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	41,89	3,23	1,25
P8	45,00	41,57	3,43	1,25
P9	43,80	40,88	2,92	1,25
P10	42,80	39,75	3,05	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00

- **Cenário 2.3:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.19: Cálculo hidráulico para o cenário 2.3

Coletor	Caudais (l/s)		Diâmetro (D _{int}) (mm)	Inclinação (%)	Velocidades (m/s)		Altura do escoamento (m)		Tensão de arrasto (N/m ²)		Tempo de percurso (min)	
	Mín.	Máx.			Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
CP1	9,76	32,53	177,00	1,99	1,52	2,09	0,054	0,107	6,00	9,62	0,29	0,39
CP2	14,41	48,02	177,00	6,34	2,58	3,57	0,049	0,095	17,65	28,72	0,13	0,18
CP3	21,60	71,99	177,00	7,53	3,08	4,17	0,058	0,117	24,01	37,92	0,12	0,16
CP4	27,77	92,57	177,00	7,47	3,29	4,29	0,066	0,145	26,49	39,45	0,11	0,14
CP5	10,57	35,22	177,00	9,51	2,72	3,83	0,038	0,071	21,20	35,36	0,19	0,26
CP6	24,19	80,64	177,00	8,69	3,34	4,52	0,059	0,121	28,19	44,25	0,16	0,21
CP7	68,02	226,72	275,00	4,28	3,34	4,35	0,103	0,225	23,54	35,06	0,07	0,09
CP8	83,75	279,17	352,00	1,74	2,51	3,27	0,132	0,289	12,25	18,24	0,17	0,22
CP9	94,86	316,19	352,00	2,23	2,84	3,70	0,132	0,289	15,71	23,40	0,17	0,22
C10	104,97	349,90	352,00	4,28	3,70	5,00	0,117	0,238	27,48	43,20	0,14	0,18
CP11	128,94	429,79	443,00	2,24	3,05	3,88	0,141	0,299	17,49	28,50	0,05	0,06

- **Cenário 2.3:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.20: Elementos para implantação dos coletores para o cenário 2.3

Coletor	Câmara de visita (m)		Diâmetro do coletor (DN) (mm)	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Cota da soleira (m)		Profundidade da soleira (m)		Recobrimento (m)	
	Mont.	Jus.			Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.
	CP1	P1			P2	200,00	35,70	47,51	46,80	46,32	45,61	1,19
CP2	P2	P8	200,00	28,40	46,80	45,00	45,61	41,49	1,19	3,51	1,00	1,00
CP3	P3	P4	200,00	29,60	49,03	46,80	47,84	45,61	1,19	1,19	1,00	1,00
CP4	P4	P7	200,00	27,20	46,80	45,12	45,61	42,35	1,19	2,77	1,00	1,00
CP5	P5	P6	200,00	43,00	50,09	46,00	48,90	44,81	1,19	1,19	1,00	1,00
CP6	P6	P7	200,00	42,50	46,00	45,12	44,81	42,35	1,19	2,77	1,00	2,53
CP7	P7	P8	315,00	18,90	45,12	45,00	42,35	41,49	2,77	3,51	2,53	3,22
CP8	P8	P9	400,00	33,70	45,00	43,80	41,49	40,90	3,51	2,90	3,22	2,60
CP9	P9	P10	400,00	37,00	43,80	42,80	40,90	39,81	2,90	2,99	2,60	2,43
C10	P10	P11	400,00	40,50	42,80	39,37	39,81	37,99	2,99	1,38	2,70	1,00
CP11	P11	PE	500,00	10,70	39,37	39,13	37,99	37,75	1,38	1,38	1,00	1,00

- **Cenário 2.3:** Loteamento localizado na Região C com edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega** ($C_m = 0,59$)

Tabela 4.21: Elementos para implantação das câmaras de visita para o **cenário 2.3**

Câmara de visita	Cota do terreno (m)	Cota da soleira (m)	Profundidade da soleira (m)	Diâmetro (m)
P1	47,51	46,32	1,19	1,00
P2	46,80	45,61	1,19	1,00
P3	49,03	47,84	1,19	1,00
P4	46,80	45,61	1,19	1,00
P5	50,09	48,90	1,19	1,00
P6	46,00	44,81	1,19	1,00
P7	45,12	42,35	2,77	1,25
P8	45,00	41,49	3,51	1,25
P9	43,80	40,90	2,90	1,25
P10	42,80	39,81	2,99	1,25
P11	39,37	37,99	1,38	1,00

A partir das Tabelas 4.3 a 4.21 referentes ao cálculo da área efetiva, tempo de concentração e intensidade de precipitação, cálculo hidráulico, elementos para implantação dos coletores e das câmaras de visita, e analisando os cenários propostos (1.1 e 2.1: Coberturas inclinadas impermeáveis e lisas; 1.2 e 2.2: Coberturas planas com inertes de proteção; 1.3 e 2.3: Coberturas verdes extensivas, sem rega) para as regiões B e C, respetivamente, resulta que:

- A área drenada pelo coletor CP11 é de 24.038,37 m², pelo facto de às câmaras de visita P1, P3 e P5, afluírem caudais provenientes de áreas com 1000 m² cada;
- O caudal de auto-limpeza mínimo de 5,0 l/s foi garantido em todos os cenários;
- Como previsto, e conferido na Tabela 4.3, as áreas efetivas diminuem em função da aplicação de um coeficiente de escoamento inferior (0,70, 0,65 e 0,59 para coberturas inclinadas impermeáveis e lisas, coberturas planas com inertes de proteção e coberturas verdes extensivas, sem rega, respetivamente);
- Existem variações nos tempos de concentração determinados, em função dos tempos de percurso calculados, com influência nas intensidades de precipitação;
- Também como previsto, tanto para a região pluviométrica B como para a C, os caudais máximos apresentam reduções, pelo facto da área efetiva diminuir em função do tipo de cobertura considerado, como pode ser observado na Figura 4.5.

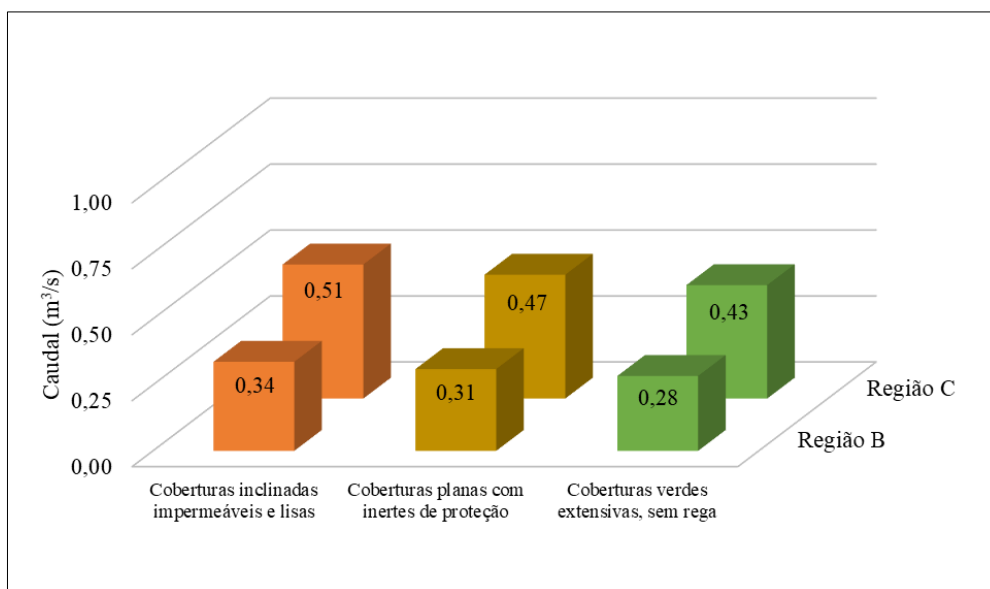


Figura 4.5: Variação dos caudais máximos para os 6 cenários

Tomando como referência as coberturas inclinadas impermeáveis e lisas na região B, resultam reduções em termos de caudal máximo de 15,89% para o caso de se usarem

coberturas verdes extensivas, sem rega e de 8,18% para o caso de se usarem coberturas planas com inertes de proteção. No caso da região C, a redução no caudal máximo é de 15,38% para o caso de se usarem coberturas verdes extensivas, sem rega e de 7,64% para o caso de se usarem coberturas planas com inertes de proteção.

- Para os cenários 1.1, 1.2 e 1.3, até ao coletor CP6, e para os cenários 2.1, 2.2 e 2.3, até ao coletor CP5, o diâmetro é sempre o mesmo (\varnothing 200 mm). Há variação de diâmetros nos coletores CP7, CP10 e CP11 para a região B e nos coletores CP6, CP7, CP10 e CP11 para a região C, verificando-se para as duas regiões uma diminuição de diâmetro para o caso das coberturas verdes. De qualquer forma, no geral há sempre aumento do diâmetro para a região C, dado a intensidade de precipitação também ser superior, como indicado na Tabela 3.2, cujos parâmetros pluviométricos para a Região C são maiores comparados à região B. O valor de diâmetro máximo é de 500 mm no último coletor da região B e de 630 mm também no último coletor para a região C;
- As velocidades mínima (0,9 m/s) e máxima (5,00 m/s) são verificadas, bem como as inclinações mínima (0,3%) e máxima (15,0%).
- As tensões de arrasto também cumpriram o critério de 4 N/m² no mínimo;
- Para verificação de imposições regulamentares, foi necessário determinar quedas a montante em alguns coletores para a região C.

De referir que Pedrosa (2021) fez um estudo comparativo entre os coeficientes de escoamento de uma cobertura convencional e de uma cobertura verde, tendo construído duas estruturas, que simularam dois tipos de cobertura, uma convencional e outra com vegetação, sobre as quais foram simuladas chuvas, com ensaios realizados a curto prazo. De acordo com os resultados dos ensaios, foi possível analisar uma redução de, em média, 40,65% no escoamento superficial a partir da utilização da cobertura verde, levando dessa forma um menor volume escoado. Contudo, a autora do estudo, observou que a eficiência do sistema pode ser alterada pelo tempo de precipitação, a área a ser estudada e a espessura da camada de substrato. O estudo de Pedrosa (2021) analisou a água que a própria cobertura verde retém. No entanto, estes estudos devem ser projetados para analisar o espaço urbano como um todo, o qual foi o objetivo da presente investigação.

Apresenta-se ainda uma estimativa de custos para a rede pública de drenagem de águas pluviais projetada (Figura 4.6).

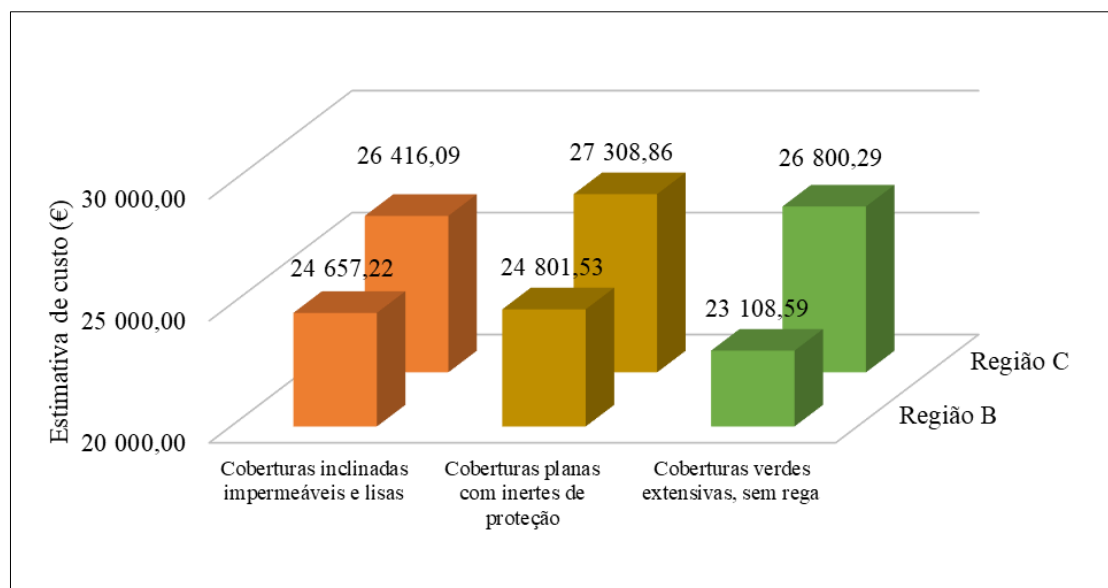


Figura 4.6: Estimativa de custos para os 6 cenários

Para realização da estimativa de custos, os preços estipulados para os vários trabalhos são os praticados na região na data de 13 de junho de 2022, e pediram-se ainda preços para os vários diâmetros de coletores em Polipropileno Corrugado (Fersil, s.d), ou equivalente.

Nos Anexos, a título de exemplo, apresentam-se apenas o mapa de medições (Anexo I.1) e o mapa de orçamento (Anexo I.2) para o **cenário 1.3**.

Importa referir, que de acordo com o artigo 26.º do RGSPDADAR, a largura das valas para assentamento dos coletores deve ser obtida adicionando 0,50 ao diâmetro exterior do tubo, isto para coletores de diâmetro até 0,50 m. Para diâmetros superiores a 0,50 m, ao diâmetro exterior do tubo adiciona-se 0,70.

A partir da Figura 4.6 é possível constatar que para a região B, a estimativa de custos mais baixa é para o **cenário 1.3**, usando **coberturas verdes extensivas, sem rega** (23.108,59 € + IVA). Tal deve-se ao facto de alguns diâmetros da tubagem serem inferiores e também pelo facto das profundidades das soleiras também serem mais baixas, daí o valor da movimentação de terras também baixar. No caso da região C, a estimativa de custo mais baixa é para o **cenário 2.1**, usando **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas** (26.416,09 € + IVA). Tal deve-se ao facto de as profundidades das soleiras serem mais baixas, diminuindo o valor do custo referente à movimentação de terras, apesar de alguns coletores terem diâmetros superiores. No entanto, e apesar destas diferenças de custos, o uso de coberturas verdes revela-se viável para ambas as regiões.

Capítulo 5. Conclusões e Proposta para Trabalhos Futuros

5.1. Conclusões

No contexto atual de alterações climáticas é premente que a gestão da água dê resposta a vários desafios e pressões a que os recursos hídricos e as cidades estão expostos. É então necessário reduzir as áreas urbanas impermeáveis, promovendo a retenção temporária de águas, minimizando os impactos do desenvolvimento urbano sob o meio natural.

Melhores práticas para uma gestão urbana sustentável incluem estruturas resilientes, como por exemplo as coberturas verdes. Como referem alguns autores, para além de amortecerem os picos de cheia nas zonas urbanas, diminuindo as consequências de eventos de precipitação excecionais, aumentam a infraestrutura verde urbana, com todos os benefícios associados.

Para o loteamento urbano em estudo, que tem cerca de 2,1 ha, com as características que o identificam, e localizado na região pluviométrica B de Portugal, foram estudados 3 cenários para dimensionamento de uma rede pública de drenagem de águas pluviais, com coeficientes de escoamento médios ponderados (C_m) diferentes para a área em estudo: Edifícios com **coberturas inclinadas impermeáveis e lisas**, $C_m = 0,70$ (Cenário 1.1); Edifícios com **coberturas planas com inertes de proteção**, $C_m = 0,65$ (Cenário 1.2); Edifícios com **coberturas verdes extensivas, sem rega**, $C_m = 0,59$ (Cenário 1.3). Os valores obtidos foram comparados com a situação do loteamento se localizar numa região pluviométrica com maior intensidade média de precipitação (região C), estabelecendo-se também 3 cenários (2.1, 2.2 e 2.3) com as mesmas características dos definidos para a região B.

Dimensionando a rede pública de drenagem de águas pluviais obtiveram-se caudais máximos de 0,34, 0,31 e 0,28 m³/s para os cenários 1.1, 1.2 e 1.3 da região B, e de 0,51, 0,47 e 0,43 m³/s para os cenários 2.1, 2.2 e 2.3 da região C, respetivamente. Observam-se assim reduções de 15,89% (região B) e de 15,38% (região C), se ao invés de se utilizarem coberturas tradicionais (e.g. coberturas inclinadas impermeáveis e lisas), se utilizarem coberturas verdes extensivas, sem rega.

Com todas as condições regulamentares verificadas, procedeu-se ao estudo da implantação dos coletores e das caixas de visita projetadas.

No caso da região B, pode-se concluir que devido ao uso de coberturas verdes, os diâmetros dos coletores e as profundidades das soleiras foram menores, em alguns troços, quando comparados com o uso de coberturas tradicionais. Desta forma, o custo para implantação do sistema público de drenagem de águas pluviais é menor para o cenário 1.3, com coberturas verdes extensivas, sem rega (23.108,59 € + IVA) quando comparado com o cenário 1.1, com coberturas inclinadas impermeáveis e lisas (24.657,22 € + IVA).

Já para a região C, apesar de se verificar analogia em relação aos diâmetros dos coletores, houve necessidade de projetar câmaras de queda para o caso dos cenários 2.2. e 2.3, o que levou a que o custo da rede pluvial fosse ligeiramente inferior no cenário 2.1 (26.416,09 € + IVA) quando comparado com o custo dessa rede com coberturas verdes, cenário 2.3 (26.800,29 € + IVA). Vale destacar que a diferença entre custos dos cenários 2.1 e 2.3 é irrelevante, tendo em vista todos os benefícios, presentes e futuros, que a implementação da cobertura verde pode trazer para o meio ambiente e para a saúde pública, principalmente pela manutenção do ciclo hidrológico e redução em mais de 15% do caudal, influenciando diretamente no risco de enchentes e demais questões ambientais, sociais e económicas.

Ressalta-se que os custos analisados estão em função do dimensionamento da rede pública de drenagem de águas pluviais, em linha com o objetivo inicial, não tendo sido considerados na comparação de custos, a implantação dos três tipos de coberturas.

Com este estudo conclui-se, que as áreas impermeáveis têm muita influência numa área urbana, bem como a localização pluviométrica na qual essa área está inserida. O coeficiente de escoamento (C) e por consequência o C_m influenciam o escoamento superficial de um loteamento urbano, se aos invés de se usarem coberturas tradicionais, se usarem coberturas verdes, com impacto no sistema público de drenagem de águas pluviais. Poderá contribuir como uma técnica de drenagem urbana sustentável se explorado futuramente para outras áreas urbanas.

5.2. Proposta para Trabalhos Futuros

Este trabalho pode ser complementado no futuro, nomeadamente no que respeita aos seguintes aspetos:

- Escolha do tipo de cobertura verde para a região na qual se insere o loteamento urbano (e.g. tipo de plantas a utilizar);
- Determinação experimental do coeficiente de escoamento em função das características da cobertura e da região do país, e realização de novo dimensionamento considerando outros cenários, e até outros loteamentos urbanos com características diferentes;
- Definidas as características da cobertura verde, como a tipologia de plantas e demais especificidades, fazer uma comparação em termos de custos com as demais coberturas;
- Consideração de grelhas de enrelvamento na área definida como estacionamentos, e realização de novo dimensionamento, também com a definição de outros cenários e outras características.

Referências Bibliográficas

- ANCV (2019). *Guia técnico para projeto, construção e manutenção de coberturas verdes*. 1.^a edição, Porto: Associação Nacional de Coberturas Verdes, 182p.
- ANQIP. (2021). ETA 0701. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios. Obtido 11 junho de 2022, de <https://anqip.pt/index.php/pt/comissoes-tecnicas/93-comissao-tecnica-0701>
- Baldessar, S. M. N. (2012). Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná). Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/52621>
- Brandão, C. P. (2015). Hydrological performance of green roofs under Mediterranean climate. Native plants in the urban space (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/11197>
- Breuning, J., Yanders, A. (2012) Introduction to the FLL Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing; Green Roof Technology: Baltimore, MD, USA, 2012.
- Calheiros, C. S. C., Castiglione, B., Palha, P. (2022). Chapter 14 - Nature-based solutions for socially and environmentally responsible new cities: The contribution of green roofs. Em A. Stefanakis & I. Nikolaou (Eds.), *Circular Economy and Sustainability* (pp. 235–255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821664-4.00015-7>
- Calheiros, C. S. C., Stefanakis, A. I. (2021). Green Roofs Towards Circular and Resilient Cities. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 395–411. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00033-0>
- Costa, F. D. S., Cardina, M., Vieira, A. A. B. (2014). Inundações na região de Lisboa (1967): um olhar sobre o impacto político e social. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/34268>
- Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais.

Fersil. <https://grupofersil.com/pt>. Catálogo obtido em 13 de junho de 2022.

Figueiredo, N. G. de O. (2022). Dinâmicas de Crescimento Urbano na Região de Lisboa e Vale do Tejo 2011-2021. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/52118>

FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem), Disponível em: <http://www.fll.de/>

Frazão, P. G. G. (2018). Avaliação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios com Cobertura Verde. (Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico).

Hakimdavar, R., Culligan, P. J., Finazzi, M., Barontini, S., Ranzi, R. (2014). Scale dynamics of extensive green roofs: Quantifying the effect of drainage area and rainfall characteristics on observed and modeled green roof hydrologic performance. *Ecological Engineering*, 73, pp.494-508. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.080>.

Howe, C., Butterworth, J., Smout, I., Duffy, AM., Vairavamoorthy, K. (2012). Sustainable Water Management in the City of the Future: Findings from the SWITCH Project 2006-2011. Disponível em <https://www.ircwash.org/resources/sustainable-water-management-city-future-findings-switch-project-2006-2011>. Obtido em 27 de junho de 2022.

Lourenço, R. R. de A. (2014). Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis. (Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra). Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/14071>

Marecos do Monte H., Albuquerque A. (2010). *Reutilização de águas residuais*. Guia técnico n.º 14. Lisboa, ERSAR.

Marques, J., Sousa, J. (2018). *Hidráulica urbana. Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. 4.ª edição, Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

- Moreira, M. J., Rodrigues, T. F., & Henriques, F. de C. (2009). O Sistema urbano português: Dinâmicas contemporâneas e diversidade regional. Evolução demográfica e bem-estar social. *Revista de Demografia Histórica*, 83–114.
- Pearlmutter, D., Pucher, B., Calheiros, C. S. C., Hoffmann, K. A., Aicher, A., Pinho, P., Stracqualursi, A., Korolova, A., Pobric, A., Galvão, A., Tokuç, A., Bas, B., Theochari, D., Milosevic, D., Giancola, E., Bertino, G., Castellar, J. A. C., Flaszynska, J., Onur, M., ... Nehls, T. (2021). Closing Water Cycles in the Built Environment through Nature-Based Solutions: The Contribution of Vertical Greening Systems and Green Roofs. *Water*, 13(16), 2165. <https://doi.org/10.3390/w13162165>
- Pearlmutter, D., Theochari, D., Nehls, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Mateo, M. C. G., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E., & Pucher, B. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. *Blue-Green Systems*, 2(1), 46–72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>
- Pedrosa, I. (2021). Comparativo entre os coeficientes de escoamento de um telhado convencional e um telhado verde. (TCC, Graduação em Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde). Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1829>
- Pedroso, V. (2016). *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 406p.
- Pimentel-Rodrigues, C., Silva-Afonso, A. (2019). Contributions of Water-Related Building Installations to Urban Strategies for Mitigation and Adaptation to Face Climate Change. *Appl. Sci.*, 9(17), 3575, <https://doi.org/10.3390/app9173575>
- Pinto, C. I. R. C. (2014). Introdução às Coberturas Ajardinadas. (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto).
- Resende (2018). A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nas Grandes Opções do Plano 2017 - uma avaliação no contexto de políticas públicas

(Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa)

Resolução da ONU A/RES/70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 130/2019 de 2 de agosto. Aprova o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020 de 10 de julho. Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030).

Rodrigues A. C., Calheiros C., Guerreiro A. (Eds.). (2020). Guia para o Saneamento Ecológico Integral. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Rodrigues, M., Antunes, C. (2020). Water Sensitive Urban Design: Gestão do Ciclo Urbano da Água para uma Cidade de Quarteira Sensível à Água. *Recursos Hídricos*, 41(2). DOI:10.5894/rh41n2-cti3

Santos, J. P. M. (2010). Gestão de águas pluviais urbanas: mudança do paradigma nos sistemas públicos de drenagem. (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto).

Snodgrass, E. C. & McIntyre, L. (2010). *The Green Roof Manual. A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance*. Timber Press, Inc.

Sun, Y., Deng, L., Pan, S.-Y., Chiang, P.-C., Sable, S. S., & Shah, K. J. (2020). Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexus. *Water-Energy Nexus*, 3, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003>

The IWA Principles for Water Wise Cities. (sem data). International Water Association. Obtido 7 de junho de 2022, de <https://iwa-network.org/publications/the-iwa-principles-for-water-wise-cities/>

Tucci, C. E. M. (2005). *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank, 270p.

UNESCO. Managing water under uncertainty and risk. In The United Nations World Water Development Report 4; UNESCO: Paris, France, 2012; Volume 1, ISBN 978-92-3-104235-5.

Vieira, J. (2018). *Água e Saúde Pública*. 1.^a edição, Lisboa: Edições Sílabo, Lda., 460p.

Anexos

I.1. Mapa de medições para o cenário 1.3: Loteamento localizado na Região B com edifícios com coberturas verdes extensivas, sem rega ($C_m = 0,59$)

Código	Descrição	Unidade	Dimensões			Quantidades	
			Comprimento	Largura	Altura	Parciais	Totais
1	Instalações hidráulicas						
	Infraestruturas de drenagem de águas pluviais						
1.1	Movimento de terras						
1.1.1	Escavação para abertura de valas para implantação de tubagem, incluindo entivação, rebaixamento do nível freático, se necessário, regularização e compactação do leito da vala e remoção dos produtos escavados.	m ³					
	CP1		35,70	0,70	1,19	29,70	
	CP2		28,40	0,70	1,79	35,60	
	CP3		29,60	0,70	1,19	24,63	
	CP4		27,20	0,70	1,30	24,68	
	CP5		43,00	0,70	1,19	35,77	
	CP6		42,50	0,70	1,30	38,57	
	CP7		18,90	0,75	1,90	26,91	
	CP8		33,70	0,82	2,27	62,29	
	CP9		37,00	0,82	2,31	69,73	
	CP10		40,50	0,82	1,93	63,68	
	CP11		10,70	0,90	1,38	13,25	
	TOTAL						424,82
1.1.2	Regularização do fundo de valas com almofada de assentamento, numa espessura de 0,10 m, com terra cirandada, de empréstimo se necessário.	m ³	347,20	0,75	0,1	26,18	
							26,18
1.1.3	Aterro com terra cirandada, de empréstimo se necessário, incluindo calque e recalque até 0,20 m acima do extradorso da tubagem.	m ³					
	CP1		35,70	0,70	0,40	8,87	
	CP2		28,40	0,70	0,40	7,06	
	CP3		29,60	0,70	0,40	7,36	
	CP4		27,20	0,70	0,40	6,76	
	CP5		43,00	0,70	0,40	10,69	
	CP6		42,50	0,70	0,40	10,56	
	CP7		18,90	0,75	0,45	5,45	
	CP8		33,70	0,82	0,52	11,52	
	CP9		37,00	0,82	0,52	12,65	
	CP10		40,50	0,82	0,52	13,84	
	CP11		10,70	0,90	0,60	4,43	
	TOTAL						99,20

Código	Descrição	Unidade	Dimensões			Quantidades	
			Comprimento	Largura	Altura	Parciais	Totais
1.1.4	Aterro de valas com terra da própria vala isenta de pedras e raízes, ou de empréstimo se necessário, com calque e recalque, por camadas de 0,20 m de espessura, incluindo rega, para completo enchimento das valas.	m ³					
	CP1		35,70	0,70	0,69	17,21	
	CP2		28,40	0,70	1,29	25,66	
	CP3		29,60	0,70	0,69	14,27	
	CP4		27,20	0,70	0,80	15,16	
	CP5		43,00	0,70	0,69	20,72	
	CP6		42,50	0,70	0,80	23,69	
	CP7		18,90	0,75	1,35	19,12	
	CP8		33,70	0,82	1,65	45,40	
	CP9		37,00	0,82	1,70	51,19	
	CP10		40,50	0,82	1,31	43,38	
	CP11		10,70	0,90	0,68	6,51	
	TOTAL						282,30
1.1.5	Carga, transporte e descarga de produtos sobrantes a vazadouro certificado, a cargo do adjudicatário, considerando um empolamento de 20%.	m ³					
	CP1		35,70	0,03		1,35	
	CP2		28,40	0,03		1,07	
	CP3		29,60	0,03		1,12	
	CP4		27,20	0,03		1,03	
	CP5		43,00	0,03		1,62	
	CP6		42,50	0,03		1,60	
	CP7		18,90	0,05		1,11	
	CP8		33,70	0,08		3,15	
	CP9		37,00	0,08		3,46	
	CP10		40,50	0,08		3,79	
	CP11		10,70	0,13		1,61	
	TOTAL						20,91
1.2	Tubagens e acessórios						
1.2.1	Fornecimento e assentamento de tubagem em Polipropileno Corrugado, com as seguintes características:						
	Ø 200 mm	ml					206,40
	Ø 250 mm	ml					18,90
	Ø 315 mm	ml					111,20
	Ø 400 mm	ml					10,70
	Ø 500 mm	ml					0,00
	Ø 630 mm	ml					0,00
1.3	Órgãos da rede						
1.3.1	Construção de câmaras de visita em terreno de qualquer natureza, constituídas em anéis de betão armado com encaixe e de diâmetro interior 1,00 m e 1,25 m, incluindo soleiras em betão simples com 0,20 m de espessura mínima na zona mais profunda das caneluras, reboco de paredes, banquetas						

Código	Descrição	Dimensões			Quantidades	
		Unidade	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	e caneluras com argamassa de cimento com espessura de 0,02 m, queimada à colher, com tampa circular em ferro fundido dúctil D600 de classe de carga D400 a instalar na via, fornecimento e assentamento de degraus de acesso, movimento de terras, carga, transporte e descarga de produtos sobrantes a vazadouro certificado, com as seguintes alturas médias:					
	a) até 2,00 m	un				9
	b) superior a 2,00 m	un				3
1.3.2	Sumidouros.	un				26
1.3.3	Ligação à rede existente e eventual reformulação da caixa existente na realização da ligação do novo coletor a instalar.	vg				1
1.3.4	Ramais domiciliários para drenagem de águas pluviais.	un				15
1.4	Diversos					
1.4.1	Fornecimento e colocação de telas de pré-sinalização com a inscrição "PLUVIAIS" com as seguintes características: - Material de base: PVC - Largura da tela: 300 mm - Espessura da tela: 0,06 mm - Cor de base: azul - Cor de impressão: preto - Comprimento da inscrição: 290 mm - Largura da inscrição: 60 mm - Distância entre inscrições: 200 mm	ml				347,20
1.4.2	Realização de ensaios finais na rede de drenagem de águas pluviais.	vg				1

I.2. Mapa de orçamento para o cenário 1.3: Loteamento localizado na Região B com edifícios com coberturas impermeáveis e lisas ($C = 0,59$)

Código	Descrição	Unidade	Quantidades	Preço unitário	Preço parcial
1	Instalações hidráulicas				
1.1	Infraestruturas de drenagem de águas pluviais				
1.1	Movimento de terras				
1.1.1	Escavação para abertura de valas para implantação de tubagem, incluindo entivação, rebaixamento do nível freático, se necessário, regularização e compactação do leito da vala e remoção dos produtos escavados.	m ³	424,82	7,50 €	3 186,12 €
1.1.2	Regularização do fundo de valas com almofada de assentamento, numa espessura de 0,10 m, com terra cirandada, de empréstimo se necessário.	m ³	26,18	5,00 €	130,91 €
1.1.3	Aterro com terra cirandada, de empréstimo se necessário, incluindo calque e recalque até 0,20 m acima do extradorso da tubagem.	m ³	99,20	7,00 €	694,40 €
1.1.4	Aterro de valas com terra da própria vala isenta de pedras e raízes, ou de empréstimo se necessário, com calque e recalque, por camadas de 0,20 m de espessura, incluindo rega, para completo enchimento das valas.	m ³	282,30	6,00 €	1 693,82 €
1.1.5	Carga, transporte e descarga de produtos sobranes a vazadouro certificado, a cargo do adjudicatário, considerando um empolamento de 20%.	m ³	20,91	4,00 €	83,63 €
1.2	Tubagens e acessórios				
1.2.1	Fornecimento e assentamento de tubagem em Polipropileno Corrugado, com as seguintes características:				
	Ø 200 mm	ml	206,40	9,66 €	1 993,82 €
	Ø 250 mm	ml	18,90	14,67 €	277,26 €
	Ø 315 mm	ml	111,20	19,85 €	2 207,32 €
	Ø 400 mm	ml	10,70	32,16 €	344,11 €
	Ø 500 mm	ml	0,00	50,37 €	0,00 €
	Ø 600 mm	ml	0,00	73,01 €	0,00 €
1.3	Órgãos da rede				
1.3.1	Construção de câmaras de visita em terreno de qualquer natureza, constituídas em anéis de betão armado com encaixe e de diâmetro interior 1,00 m e 1,25 m, incluindo soleiras em betão simples com 0,20 m de espessura mínima na zona mais profunda das caneluras, reboco de paredes, banquetas e caneluras com argamassa de cimento com espessura de 0,02 m, queimada à colher, com tampa circular em ferro fundido dúctil D600 de classe de carga D400 a instalar na via, fornecimento e assentamento de degraus de acesso, movimento de terras, carga, transporte e descarga de produtos sobranes a				

Código	Descrição	Unidade	Quantidades	Preço unitário	Preço parcial
	vazadouro certificado, com as seguintes alturas médias:				
	a) até 2,00 m	un	9	300,00 €	2 700,00 €
	b) superior a 2,00 m	un	3	350,00 €	1 050,00 €
1.3.2	Sumidouros.	un	26	200,00 €	5 200,00 €
1.3.3	Ligação à Rede Existente e eventual reformulação da caixa existente na realização da ligação do novo coletor a instalar.	vg	1	500,00 €	500,00 €
1.3.4	Ramais domiciliários para drenagem de águas pluviais.	un	15	160,00 €	2 400,00 €
1.4	Diversos				
1.4.1	Fornecimento e colocação de telas de pré-sinalização com a inscrição "PLUVIAIS" com as seguintes características: material base - PVC; largura da tela - 300 mm; espessura da tela - 0,06 mm; cor de base - azul; cor de impressão - preto; comprimento da inscrição - 290 mm; largura da inscrição - 60 mm; distância entre inscrições - 200 mm.	ml	347,20	1,00 €	347,20 €
1.4.2	Realização de ensaios finais na rede de drenagem de águas pluviais.	vg	1,00	300,00 €	300,00 €
				Valor parcial	23 108,59 €
				VALOR TOTAL	23 108,59 € + IVA