

Ciclo da água no espaço urbano: o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho como *esponja* na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odivelas

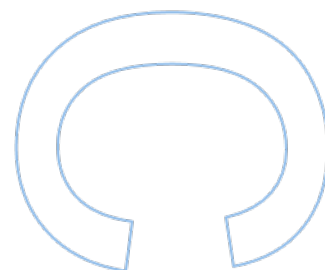
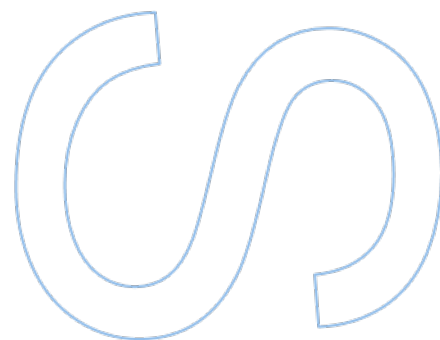
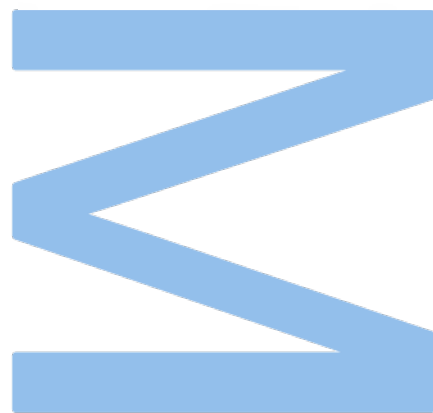
Pedro de Freitas Jesus

Mestrado em Arquitetura Paisagista

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2026



Ciclo da água no espaço urbano: o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho como *esponja* na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odivelas

Pedro de Freitas Jesus

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Arquitetura Paisagista
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2026

Orientador

Maria José Curado, Professora auxiliar em Arquitetura
Paisagista, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Supervisor externo na Entidade de Acolhimento

José Veludo, Arquiteto Paisagista, NPK, Arquitetos Paisagistas Associados



NPK

Agradecimentos

Gostaria de expressar o mais profundo agradecimento a toda a minha família, com especial destaque aos meus pais e à minha irmã, por todo o apoio incondicional e por tornarem possível a concretização desta etapa, estando sempre presentes com o seu carinho, incentivo e dedicação.

À Soraia, um agradecimento muito especial. A sua presença tanto nos momentos mais difíceis como nos mais felizes, pela paciência, pelo apoio e pela ajuda incansável.

A todas as amigas que tive a oportunidade de construir no ISA, que tornaram esta fase inicial mais leve e feliz. De igual forma, as amigas construídas na FCUP, que marcaram esta última etapa com a mesma leveza, tornando esta nova experiência tão bonita. As memórias construídas ao longo destes cinco anos marcaram profundamente este percurso e permanecerão comigo para sempre.

Um agradecimento especial à Professora Doutora Maria Graça Saraiva e à Professora Doutora Maria Matos Silva pela disponibilidade e pela ajuda prestadas no desenvolvimento desta dissertação.

A toda a equipa da NPK, deixo o meu sincero agradecimento por me terem acolhido tão bem, pela partilha de conhecimento e por terem contribuído para que esta experiência fosse tão enriquecedora, tanto a nível pessoal como a nível profissional.

Um agradecimento muito especial ao meu supervisor, José Veludo, pelo apoio ao longo deste último ano e pela forma tão rigorosa, crítica e consistente com que encara a Arquitetura Paisagista, assim como pela forma exigente e atenta com que me acompanhou neste processo.

Por fim, manifesto a minha sincera gratidão à Professora Doutora Maria José Curado, minha orientadora, pela disponibilidade e pelo apoio constante ao longo deste percurso. Todos os conhecimentos transmitidos e as críticas construtivas contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Resumo

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado em Arquitetura Paisagista na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, resulta de uma investigação desenvolvida durante o estágio curricular, centrada na gestão da água pluvial em meio urbano e no papel das soluções urbanas de drenagem sustentável na adaptação climática.

O trabalho toma como caso de estudo o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, localizado na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas, na Área Metropolitana de Lisboa, e procura compreender de que forma este espaço pode funcionar como uma infraestrutura hidrológica complementar aos sistemas naturais e tradicionais de drenagem, reduzindo simultaneamente as necessidades de rega e melhorando a humidade do solo disponível para a vegetação.

Analisa-se a evolução dos modelos de drenagem, com maior foco na Área Metropolitana de Lisboa, expondo a fragilidade das pequenas bacias hidrográficas. A partir dessa evolução, são analisadas diversas soluções urbanas de drenagem sustentável e projetos-exemplo em que são aplicadas.

Na escala territorial, a dissertação aprofunda a caracterização detalhada de uma dessas bacias – a bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas –, na qual, posteriormente, é desenvolvida a proposta de requalificação do Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, integrando uma biblioteca de soluções de drenagem sustentável, procurando dar visibilidade ao percurso da água, aumentar a água disponível no solo e ao mesmo tempo, melhorar o uso quotidiano do jardim. Nesta proposta, estes processos são quantificados, apresentando valores de infiltração, de capacidade de armazenamento e de caudal de ponta.

Palavras-chave: Ciclo urbano da água; Soluções urbanas de drenagem sustentável; Bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas; Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho; *Esponja*.

Abstract

This dissertation, carried out within the scope of the Master's Degree in Landscape Architecture at the Faculty of Sciences of the University of Porto, results from research developed during the curricular internship, focused on rainwater management in urban areas and the role of urban sustainable drainage solutions in climate adaptation.

The work takes as a case study the Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, located in the Odivelas river watershed, in the Lisbon Metropolitan Area, and seeks to understand how this garden can function as a complementary hydrological infrastructure to natural and traditional drainage systems, while reducing irrigation needs and improving the soil moisture available for vegetation.

The evolution of drainage models is analyzed, with a greater focus on the Lisbon Metropolitan Area, exposing the fragility of small watersheds. From this evolution, several urban sustainable drainage solutions and example projects in which they are applied are analyzed.

On a territorial scale, the dissertation deepens the detailed characterization of one of these watersheds – the Odivelas river watershed –, in which, subsequently, the proposal for the requalification of the Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho is developed, integrating a library of sustainable drainage solutions, seeking to give visibility to the water course, increase the water available in the soil and, at the same time, improve the daily use of the garden. In this proposal, these processes are quantified, providing values for infiltration, storage capacity, and peak flow.

Keywords: Urban water cycle; Sustainable drainage solutions; Odivelas river watershed; Capitão Manuel Gomes Coelho Garden; *Sponge*.

Índice

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	x
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento Geral.....	1
1.2 Objetivos e Metodologia da Investigação	2
2. A Água na Paisagem Urbana: Evolução do Conceito de Drenagem	6
2.1. Contexto da Área Metropolitana de Lisboa.....	11
2.2. Vantagens da Aplicação de Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável	15
2.2.1. Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável	20
2.2.1.1. Coberto Vegetal em Edifícios	25
2.2.1.2. Biorretenção	26
2.2.1.3. Infiltração por Brita.....	27
2.2.1.4. Pavimentos Permeáveis	28
2.2.1.5. Reservatórios.....	29
2.2.1.6. Sistemas Abertos de Drenagem.....	30
2.2.1.7. Soluções de Coexistência	31
2.2.2. Projetos de Referência.....	33
2.2.2.1. Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa	36
2.2.2.2. Benthemplein Water Square, Roterdão.....	39
2.2.2.3. Sankt Kjelds Plads, Copenhaga	41
3.1. Enquadramento	45
3.2. Caracterização Biofísica e Antrópica	47
3.3. Perigosidade e Vulnerabilidade Territorial	55
4. Solução de Materialização	62

4.1. Conceito e Diagnóstico	62
4.2. Proposta.....	69
4.2.1. Soluções materializadas	72
4.3. Quantificação	89
Conclusão.....	94
Referências Bibliográficas	95
Anexo 1	100
Anexo 2	101
Anexo 3	102

Lista de Tabelas

Tabela 1	Esquematização da estrutura desenvolvida	3
Tabela 2	Evolução da superfície de infiltração.....	90
Tabela 3	Capacidade de armazenamento introduzida pelas soluções de drenagem sustentável.	92

Lista de Figuras

Figura 1 Lavagem de roupa na Ribeira de Alcântara, Lisboa (esquerda); Construção do Caneiro de Alcântara para cobrir o talvegue (direita).	9
Figura 2 As grandes cheias de 1967 na AML.	13
Figura 3 Cheias de 2014 na Praça de Espanha, Lisboa (esquerda); Cheias de 2008 em Odivelas (direita).	14
Figura 4 Vista aérea da praça Benthemplein.	17
Figura 5 Ciclo hidrológico da praça.	17
Figura 6 Ribeira da Asprela.	19
Figura 7 SUDS como relação entre o ciclo natural e urbano da água.	21
Figura 8 Sistema de drenagem por infiltração total.	22
Figura 9 Sistema de drenagem por infiltração parcial.	23
Figura 10 Sistema de drenagem sem infiltração.	24
Figura 11 Parede Verde: Jardim Vertical de Campolide, Lisboa; Fachada verde: Dinamarca; Cobertura verde: ETAR de Alcântara (esquerda para direita).	26
Figura 12 Depressão de biorretenção: Sankt Kjelds Plads, Copenhaga (esquerda); Jardim de chuva: Rua Santos Pousada, Porto (direita).	27
Figura 13 Vala de brita: Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, Odivelas (esquerda); Poço de brita: Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, Odivelas (direita).	28
Figura 14 Betão poroso: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Pavimento em juntas abertas: Porto; Gradil: Países Baixos (esquerda para direita).	29
Figura 15 Praça de água: Benthemplein, Roterdão (esquerda); Reservatório de água, Barcelona (direita).	30
Figura 16 Canal de drenagem: Benthemplein, Roterdão (esquerda); Canal de escoamento (check dam): Parque da Alameda de Cartes, Porto (direita).	31
Figura 17 Passadiços rebaixados: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Stepping stones: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Passadiços elevados, Taludes de contenção e presas: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa (esquerda para direita).	32
Figura 18 Uma das cinco bacias de retenção.	34
Figura 19 Sistema de entrada de água pluvial na periferia do jardim (esquerda). Rain Gardens (direita).	35
Figura 20 Parque Gonçalo Ribeiro Telles.	36

Figura 21 Presa de desaceleração do talvegue; Grande Clareira; Lago permanente e bacia adjacente (esquerda para direita).	38
Figura 22 Praça a 90% do ano (cima). Praça a 10% do ano (baixo).	40
Figura 23 Soluções de biorretenção: Depressão (esquerda) e vala (direita).	42
Figura 24 Localização da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas no contexto da AML.	44
Figura 25 Localização da bacia hidrográfica em relação ao seu sistema hidrológico.	45
Figura 26 Localização da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas e a sua periferia.	46
Figura 27 Cartografia dos declives.	48
Figura 28 Cartografia da hipsometria.	49
Figura 29 Cartografia da exposição solar.	50
Figura 30 Cartografia da hidrografia.	51
Figura 31 COS 1995 (esquerda); COS 2023 (direita).	53
Figura 32 Cartografia da EEM.	54
Figura 33 Cartografia de ocorrências de cheias no município de Odivelas (esquerda); Ocorrências de cheias na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas (direita).	56
Figura 34 Cartografias de perigosidade, vulnerabilidade e risco potencial, na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas, delimitada no estudo de Borges et al. (2007).	57
Figura 35 Cartografias de perigosidade, vulnerabilidade e risco potencial, na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas.	58
Figura 36 Cartografia da EEM; Cartografia do sistema hidrológico; Junção dos diferentes cartogramas com o risco potencial e ocorrências de cheias na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas (esquerda para direita, cima para baixo).	59
Figura 37 Identificação do jardim perante as diversas cartografias (esquerda); Identificação do jardim na várzea da bacia (direita).	60
Figura 38 Localização da nova ponte entre a rua Dário Canas e a rua Vale do Forno (esquerda); Obra a decorrer (direita).	61
Figura 39 Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho.	62
Figura 40 Jardim em relação à EEM.	63
Figura 41 Modelação atual do Jardim.	64
Figura 42 Materialização atual do Jardim.	66
Figura 43 Área superior (nordeste) do Jardim.	67
Figura 44 Área inferior (sul) do Jardim.	68

Figura 45	Evolução do jardim: Caminho principal atual (cima); Caminho após a proposta: Fotomontagem (baixo).	69
Figura 46	Plano Geral da proposta.	70
Figura 47	Largo Mirante atualmente (cima). Largo Mirante após a proposta: Fotomontagem (baixo).	71
Figura 48	Largo Central atualmente (cima). Largo Central após a proposta: Fotomontagem (baixo).	72
Figura 49	Comparação do solo atual com o solo após a intervenção.....	74
Figura 50	Cartografia em cor falsa do jardim atual (esquerda). Cartografia em cor falsa da proposta: Fotomontagem (direita).	75
Figura 51	Modelação proposta para o Jardim.....	76
Figura 52	Sistema hidrológico do Jardim.	77
Figura 53	Corte construtivo da depressão de infiltração.	78
Figura 54	Pormenores: Fotomontagem.....	78
Figura 55	Cortes construtivos das valas em áreas inclinadas (cima) e planas (baixo).	79
Figura 56	Diagrama construtivo dos dois sistemas em funcionamento.	80
Figura 57	Corte construtivo da vala de brita sob o Mirante.....	81
Figura 58	Corte construtivo do poço de brita do Largo Central.....	81
Figura 59	Diagrama ilustrativo do Largo Central com as diversas soluções a atuar. .	82
Figura 60	Corte construtivo do gradil com caixa de brita.	84
Figura 61	Diagrama ilustrativo do Largo Mirante com as diversas soluções.	85
Figura 62	Pormenores: Fotomontagem.....	86
Figura 63	Todas as soluções em funcionamento.....	87
Figura 64	Soluções integrando toda a área plantada.....	88

Lista de Abreviaturas

AML	ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA
APA	AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE
APRH	ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
AUGI	ÁREA URBANA DE GÉNESE ILEGAL
BMPS	BEST MANAGEMENT PRACTICES
CM	CÂMARA MUNICIPAL
COS	CARTA DE OCUPAÇÃO DO SOLO
DGRN	DIREÇÃO-GERAL DOS RECURSOS NATURAIS
EEM	ESTRUTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL
ETAR	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS
FCSH	FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
FCT	FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA
FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
IPMA	INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA
LID	LOW IMPACT DEVELOPMENT
LNEG	LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA E GEOLOGIA
PAC	PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA
PDM	PLANO DIRETOR MUNICIPAL
PGDL	PLANO GERAL DE DRENAGEM DE LISBOA
QGIS	QUANTUM GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
SUDS	SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS
TR	TEMPO DE RETORNO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO
WSUD	WATER SENSITIVE URBAN DESIGN

1. Introdução

1.1 Enquadramento Geral

A presente dissertação, no âmbito do Mestrado em Arquitetura Paisagista na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), resulta de uma investigação desenvolvida durante o estágio curricular. O estudo incide sobre o papel das soluções urbanas de drenagem sustentáveis na gestão da água de uma bacia hidrográfica sensível, concentrando-se na materialização de um pequeno espaço verde – o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho – localizado na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas, na Área Metropolitana de Lisboa (AML).

Toda a expansão urbana alterou profundamente o ciclo da água nos espaços urbanos. A substituição dos solos permeáveis por superfícies impermeáveis reduziu drasticamente a infiltração e a evapotranspiração, aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial. Esta transformação acaba por trazer vários problemas como inundações, a sobrecarga dos sistemas tradicionais de drenagem, a poluição e a erosão do solo.

As alterações climáticas também são uma das problemáticas deste cenário, combinando episódios pluviométricos intensos, que originam cheias rápidas, com períodos prolongados de seca. As cidades enfrentam assim, um problema em que num momento precisam de afastar a água o mais rapidamente possível para evitar inundações e noutro, dependem de soluções artificiais de abastecimento e de rega para compensar a escassez agravada pelas suas próprias decisões (Veludo, 2026).

Os sistemas tradicionais de drenagem, dimensionados para gerir o escoamento da água por meio de redes subterrâneas, revelam-se, muitas vezes, insuficientes diante desta problemática. O aumento da impermeabilização, conduz a situações recorrentes de sobrecarga, transbordamentos e descargas, expondo os limites destes modelos (Veludo, 2026).

Face a este contexto, têm vindo a aparecer diversas abordagens que integram a gestão da água à escala da paisagem urbana, na qual, certas soluções de drenagem sustentável surgem como alternativa e complemento ao sistema tradicional, procurando aproximar o ciclo urbano da água ao seu comportamento natural, integrando simultaneamente funções hidrológicas, ecológicas e de qualificação do espaço público.

1.2 Objetivos e Metodologia da Investigação

A partir da incapacidade dos sistemas tradicionais de drenagem de responder à necessidade de retenção hídrica local, a investigação parte da premissa de que pequenos espaços verdes podem influenciar positivamente o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas vulneráveis, aplicando uma variedade de soluções urbanas de drenagem sustentável.

A questão central que orienta esta investigação formula-se do seguinte modo:

Como pode um pequeno jardim ajudar a responder a problemas estruturais de drenagem numa bacia urbana sensível, atuando como uma infraestrutura hidrológica complementar aos sistemas principais?

A partir desta questão, define-se como objetivo geral compreender o potencial dos espaços verdes de pequena escala na regulação dos diferentes fluxos da água pluvial em contexto urbano, contribuindo para reduzir os caudais de ponta e aliviar todo o impacto de uma cheia rápida, enquanto produz todos os benefícios ecológicos e sociais associados à presença da água na paisagem urbana.

Este objetivo desdobra-se, então, em objetivos específicos, traduzidos em questões orientadoras que serão respondidas ao longo da dissertação.

- Que problemas têm, em geral, orientado a intervenção humana sobre o ciclo urbano da água?
- Qual é o papel das soluções de drenagem sustentável na gestão da água urbana, como suporte a uma relação mais integrada entre a paisagem e os recursos primários?
- Quão vulnerável é a bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas e de que forma e onde essa vulnerabilidade se manifesta na paisagem física e nos instrumentos de ordenamento do território?
- Como pode o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho influenciar o ciclo da água nesta bacia, atuando como uma infraestrutura hidrológica complementar, armazenando mais água?

Os temas subjacentes a estas questões são desenvolvidos ao longo dos vários capítulos, segundo uma estrutura sequencial, procurando, assim, dar resposta às

hipóteses colocadas ao longo de todo o discurso e ao desenvolvimento da abordagem teórica e experimental na investigação (Saraiva, 1999).

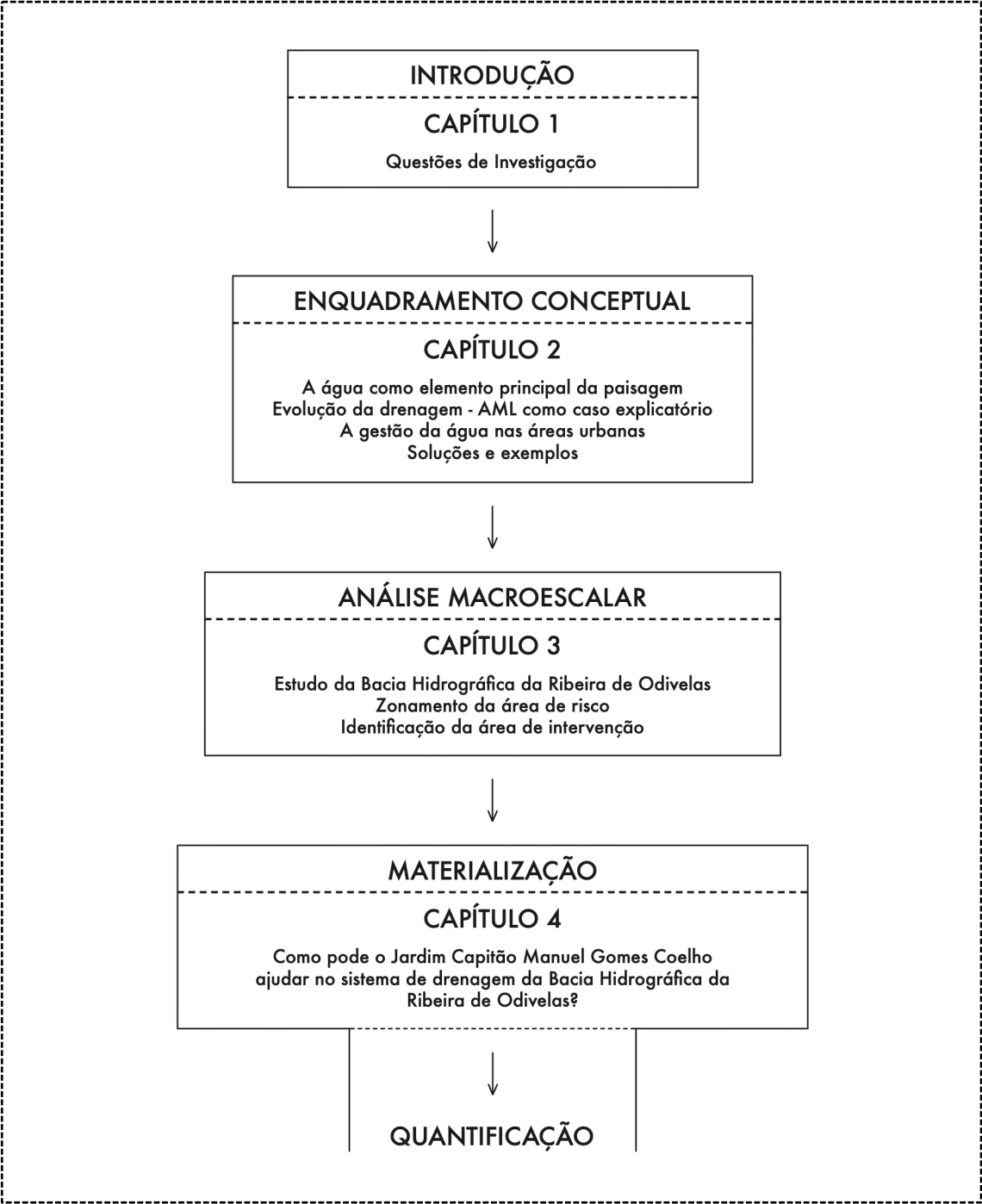


Tabela 1 Esquematisação da estrutura desenvolvida.

Fonte: Própria.

A partir da Tabela 1, é possível compreender melhor, de forma gráfica, a estrutura da dissertação, que ainda assim, é complementada por uma breve síntese para cada capítulo, de modo a explicar o seu conteúdo, a finalidade e a articulação no conjunto investigacional.

No capítulo 2, aprofunda-se a relação entre a água e a paisagem urbana, a partir da leitura da paisagem como sistema dinâmico, ecológico, cultural e social. A partir desta base conceptual, discute-se o ciclo natural e urbano da água, mostrando como a urbanização e a impermeabilização alteram a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial, com impacto direto no risco de cheias. É analisada a evolução dos modelos de drenagem urbana, dos sistemas unitários e das grandes obras de saneamento, com especial destaque para a AML, onde se introduz o enquadramento do risco de cheias, salientando a vulnerabilidade das pequenas bacias da área metropolitana e a importância de articular medidas estruturais e não estruturais nessa gestão, até às abordagens contemporâneas que procuram reintegrar a água na paisagem urbana por meio de soluções de drenagem sustentável.

Neste percurso, o capítulo apresenta e discute diversas soluções de drenagem sustentável e, posteriormente, apresenta exemplos nacionais e internacionais que evidenciam o papel dos espaços verdes na gestão da água pluvial no espaço público, com aplicação desse tipo de pensamento.

No capítulo 3, a análise desloca-se para a escala territorial da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas, onde se aprofunda a sua análise biofísica e antrópica, bem como a forma como esses fatores se traduzem em perigosidade e vulnerabilidade a cheias rápidas. Este capítulo inclui a leitura dos instrumentos de gestão territorial, a cartografia de risco e a identificação das áreas mais críticas, justificando a escolha desta bacia e, posteriormente, da solução de materialização – o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho – como área de estudo.

É no capítulo 4 que se desenvolve e fundamenta a materialização deste jardim, por meio da combinação entre a elevada vulnerabilidade hidrológica e o potencial de qualificação do espaço público. O jardim é apresentado como um exemplo concreto de que um pequeno espaço verde pode funcionar como infraestrutura hidrológica complementar aos outros sistemas numa bacia urbana sensível. Descreve-se o enquadramento do jardim na malha urbana de Odivelas e no sistema de drenagem da Ribeira de Odivelas,

analisando de forma aprofundada a funcionalidade e o sistema do jardim atual, bem como a forma como o espaço responde atualmente aos eventos de precipitação.

Com base nesta leitura, desenvolve-se um conceito de intervenção que procura devolver visibilidade ao percurso da água e transformar o jardim numa *esponja*¹, integrando uma diversidade de soluções de drenagem sustentável. O capítulo conclui com a quantificação do desempenho hidrológico da proposta, demonstrando, por meio de cálculos comparativos, o contributo deste pequeno jardim para o aumento da infiltração e do volume de água pluvial armazenado.

¹ De acordo com o escritório De Urbanisten, em Roterdão, o conceito de jardim-esponja é: um espaço capaz de reter e infiltrar a água da chuva, aproximando-se do ciclo natural da água.

2. A Água na Paisagem Urbana: Evolução do Conceito de Drenagem

De acordo com a Convenção Europeia da Paisagem (CEP), a paisagem designa uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, que resulta da ação e da interação de fatores naturais e/ou humanos ao longo do tempo. Esta definição introduz a perspetiva de que a paisagem é entendida não apenas como uma realidade física, mas também como um sistema dinâmico que articula vários componentes, sejam eles ecológicos, culturais ou sociais (CE, 2000).

A CEP sublinha também a importância da perceção, ao recomendar que a avaliação da paisagem integre os valores atribuídos pelas populações. A paisagem é uma construção social que resulta da relação entre o território físico e a forma como ele é usado, interpretado e valorizado ao longo do tempo. Os valores associados podem ser recreativos, culturais, espirituais, económicos ou identitários, variando consoante o contexto geográfico e sociocultural. A paisagem corresponde a uma leitura específica, que integra simultaneamente os elementos presentes no território, as relações entre eles e a valoração atribuída pelo sujeito (Saraiva, 1999).

A dimensão subjetiva da paisagem decorre desta relação, que se origina na leitura individual de cada observador (Saraiva, 2009). Cada um de nós vê a paisagem de diferentes maneiras; no entanto, todos nós vemos os recursos da mesma forma. A água é o principal recurso do planeta Terra e é fundamental tanto para o sistema biofísico quanto para o sistema antrópico.

Os rios, para além da sua dimensão ecológica, incorporam valores culturais, simbólicos e identitários, refletindo a história e a evolução das cidades, podendo ser entendidos como espelhos da sociedade em que vivemos, na medida em que materializam práticas culturais, memórias coletivas e formas de apropriação do espaço ao longo do tempo. Nas cidades contemporâneas, a forma como os talvegues foram canalizados, ocultados ou revalorizados constitui um indicador da relação entre a cultura urbana e o ciclo da água natural (Saraiva, 2009).

A água, como elemento natural ou domesticado pelo ser humano, é central na construção e na compreensão da paisagem. A sua dinâmica central, que explica a forma como ocupamos o mundo, limita a nossa existência. No entanto, toda esta importância

perde relevância a partir do momento em que se apresenta qualquer tipo de degradação neste elemento, que, embora vital, também pode ser mortal.

O ciclo natural da água corresponde ao movimento contínuo da água entre a atmosfera, a superfície e o subsolo, pelos processos de precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial e recarga de aquíferos, mantendo, em condições naturais, um equilíbrio dinâmico ao longo do ano. A quantidade de água doce facilmente acessível é, contudo, extremamente limitada, e a sua dinâmica torna-se sensível às alterações climáticas, que se manifestam em fenómenos extremos de todo o tipo.

A urbanização introduziu uma transformação estrutural no ciclo da água, marcada pela impermeabilização dos solos e pela redução das áreas permeáveis responsáveis pela evapotranspiração. Estas alterações provocam uma diminuição acentuada da infiltração e da evapotranspiração, enquanto aumentam significativamente o volume e a velocidade do escoamento superficial, conduzindo a respostas hidrológicas mais rápidas e intensas, com picos de cheia mais elevados e antecipados, e a impactos negativos nos sistemas ecológicos associados (Veludo, 2026).

A comparação entre o ciclo da água em condições naturais e em meio urbano evidencia que em paisagens pouco artificializadas, a infiltração pode representar 40-60% da precipitação, enquanto o escoamento superficial se situa entre 10-30% e o tempo de concentração se mede em algumas horas ou dias. Já em áreas urbanas completamente impermeabilizadas, a infiltração pode reduzir-se a 2-10%, a evapotranspiração a 5-15% e o escoamento superficial pode aumentar para 70-95%, com tempos de concentração de poucas horas ou mesmo minutos (Woods Ballard et al., 2015). O resultado é óbvio; apesar de serem valores base, é visível a dimensão de que o ciclo urbano representa um sistema acelerado e vulnerável, em comparação com um sistema mais lento e resiliente, que caracteriza o ciclo natural.

No ciclo urbano da água, o funcionamento estrutural organiza-se normalmente em três sistemas: o abastecimento, as águas residuais e a drenagem pluvial. Estes funcionam de forma linear, na qual a água é recolhida, utilizada e rejeitada através de infraestruturas centralizadas e frequentemente enterradas.

Esta organização promove a desagregação entre a água e os processos naturais da paisagem, transformando o escoamento superficial urbano num problema a ser resolvido por meio das redes de drenagem (Woods Ballard et al., 2015).

O escoamento superficial nas áreas urbanas transporta poluentes, intensifica os processos erosivos e contribui para a ocorrência de cheias. Perante o aumento da impermeabilização e da intensificação dos eventos extremos, o modelo tradicional, centrado na drenagem rápida e no afastamento da água do espaço habitacional, revela-se insuficiente para garantir a resiliência hidrológica das cidades, tornando necessário repensar na relação entre ciclo da água urbano e da paisagem, promovendo abordagens que incorporem processos naturais como a infiltração, a retenção e a evapotranspiração no próprio desenho urbano (Woods Ballard et al., 2015).

A evolução do ciclo da água em meio urbano reflete uma profunda transformação na relação entre a sociedade e os sistemas naturais. Nas cidades pré-industriais, os sistemas hidrológicos constituíam a base estrutural da organização urbana e, para além da sua morfologia que construía a cidade, desempenhavam simultaneamente funções de abastecimento, drenagem e suporte ecológico, embora com um controlo sanitário frágil, dado que os cursos de água eram os recetores diretos dos resíduos e das águas pluviais (Brown et al., 2008). Ao longo do século XIX, a urbanização acelerada, o crescimento demográfico e as crises sanitárias consolidaram um problema de higienização, centrado na engenharia hidráulica e sanitária, que conduziu à construção de grandes coletores, redes unitárias e sistemas orientados à rápida evacuação da água e dos efluentes, afastando-os do espaço habitacional.

A cidade entra assim num modelo em que o objetivo principal passa por remover rapidamente a água em excesso e afastar todos os resíduos, confiando na capacidade do sistema de drenagem para diluir e dispersar toda a carga poluente. Esta lógica de engenharia levou ao aterro e à artificialização de uma grande parte da volumetria associada aos inúmeros talvegues que corriam pelas cidades e que, anteriormente, cumpriam diferentes funções no quotidiano da população, desde o banho até à lavagem de roupa, estruturando o próprio dinamismo da vida urbana (Barros, 2014) (Figura 1).

Ao mesmo tempo, estes mesmos talvegues recebiam, a céu aberto, águas sujas provenientes das habitações, o que gerava condições de insalubridade e riscos sanitários elevados. Tornou-se praticamente inevitável uma alteração profunda no modo de funcionamento da paisagem urbana, impulsionada por novas políticas de higiene e de salubridade pública, que favoreceram o encanamento, o enterramento e a regularização dos cursos de água enquanto infraestruturas técnicas de drenagem e saneamento (Saraiva, 1999). Este processo foi conduzido com informação limitada e

sob forte pressão para intervir rapidamente, o que levou à adoção de soluções pouco adaptativas e responsáveis por diversos impactos hidrológicos, ambientais e sociais que hoje condicionam a gestão da cidade (Veludo, 2026).



Figura 1 Lavagem de roupa na Ribeira de Alcântara, Lisboa (esquerda); Construção do Caneiro de Alcântara para cobrir o talvegue (direita).

Fonte: Câmara Municipal de Lisboa.

Com a intensificação da urbanização e o aumento da impermeabilização, as limitações deste modelo de drenagem tornam-se evidentes quando agravadas pelas alterações climáticas aceleradas, que se traduzem numa combinação de episódios pluviométricos intensos e/ou períodos prolongados de seca. As cidades enfrentam, assim, um duplo dilema: por um lado, o excesso, que leva às cheias, e, por outro, a escassez, que limita o conforto humano e o desenvolvimento da vegetação (Veludo, 2026).

Já não se trata apenas de controlar as cheias, mas também de pensar na água como elemento de suporte do sistema urbano.

“As cheias constituem um dos riscos naturais mais ameaçadores para a sociedade, associados aos processos do ciclo hidrológico e à proximidade de cursos de água, em face dos perigos e danos que ameaçam pessoas e bens localizados em zonas vulneráveis, geralmente coincidentes com o leito de cheia do curso de água em causa” (Saraiva, 1999, p. 315).

A ocorrência de uma cheia está associada a elevados valores de caudal num curso de água, resultantes de precipitação intensa que provoca o transbordamento do leito e a inundação dos terrenos marginais. Para além da origem fluvial já referida, podem

ocorrer também cheias costeiras, causadas pelo avanço das águas do mar sobre a costa, decorrentes de tempestades episódicas ou da subida do nível das águas do mar (Saraiva, 1999).

Os efeitos das cheias apresentam extrema gravidade em todo o mundo, constituindo um tipo de catástrofe natural que, juntamente com os sismos, contribui para danos particularmente severos, com perdas de vidas e destruição de habitações (Saraiva, 1999).

“Em Portugal, a situação apresenta uma certa gravidade, afetando cerca de 5% do território, correspondendo a áreas de risco estimadas em cerca de 4 500 km², ocorrendo maioritariamente em zonas com grandes e médios rios, que abrangem extensos leitos de cheia, mas também sob a forma de cheias repentinas em pequenas bacias hidrográficas de regime torrencial, causadas pela imprevisibilidade de precipitações muito intensas” (Saraiva, 1999, p. 316).

“A dimensão da bacia hidrográfica constitui um parâmetro muito relevante para a diferenciação entre estes tipos de cheias, influenciando o tempo de resposta da bacia e a propagação da cheia. Quanto menor a área da bacia, maior a área unitária de precipitação/escoamento e menor a duração da ocorrência” (Saraiva, 1999, p. 317). As pequenas bacias são mais vulneráveis às condições de intensificação decorrentes de ações humanas, como o mau ordenamento da ocupação urbana.

As formas de defesa e proteção face a este tipo de riscos naturais têm envolvido a defesa de vidas humanas e bens, a minimização dos prejuízos, a maximização dos benefícios decorrentes deste tipo de ocorrência e a atenuação dos impactos das cheias através de várias medidas (Saraiva, 1999).

Relativamente às suas causas, podem ser classificadas em acontecimentos naturais alterados pelo ser humano, através de processos de intensificação ou atenuação, e ainda em acontecimentos induzidos pela ação humana, no caso da rotura de estruturas construídas (barragens, diques, etc.) ou de erros na sua utilização e exploração (Saraiva, 1999). É já tradicional a distinção entre dois tipos de medidas para a redução dos prejuízos e dos impactos das cheias: medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais envolvem diversas formas de intervenção através de estruturas concentradas, pontuais, como barragens ou bacias de retenção, ou lineares, como diques, muros ou troços alternativos, que visam à redução de parâmetros que

caracterizam as cheias, como área inundável, caudal de ponta ou altura de água, frequentemente implicando investimentos significativos (Saraiva, 1999).

As medidas não estruturais envolvem ações de caráter preventivo ou de ajustamento que têm por objetivo a redução do risco através da modificação da suscetibilidade a prejuízos das atividades socioeconómicas nas áreas de risco. Incluem-se neste grupo zonamentos e regulamentação do uso do solo em zonas de risco, códigos de construção e manutenção de estruturas, políticas de aquisição e gestão de solos, sistemas de seguros, sistemas de previsão e aviso, ações de informação pública e sistemas de emergência e de recuperação pós-catástrofe (Saraiva, 1999).

Todas estas ações estão consequentemente ligadas à prevenção do risco de cheia, um conceito que deixa de se reduzir à probabilidade de ocorrência de um determinado caudal extremo e passa a integrar em simultâneo, a exposição e a vulnerabilidade dos usos do solo, bem como a forma como esses riscos são percebidos e geridos pelas instituições e pelas populações.

A distinção entre desastres, enquanto acontecimentos nefastos, e o risco, enquanto probabilidade de ocorrência num dado intervalo temporal, permite articular a avaliação técnica (períodos de retorno, caudais de ponta, áreas inundáveis) com dimensões psicossociais, ligadas a valores, atitudes e comportamentos face à ocupação dos leitos de cheia. As cheias não são, por isso, apenas fenómenos naturais, mas sim resultados de sistemas socioecológicos específicos, nos quais políticas predominantemente estruturais, modelos de uso do solo e ciclos de ação e apatia após grandes eventos, condicionam a acumulação de vulnerabilidade ao longo do tempo (Saraiva, 1999).

2.1. Contexto da Área Metropolitana de Lisboa

No decorrer dos séculos XVI, XVII e XVIII, até ao terramoto de 1755, o notável crescimento populacional da capital portuguesa agravou os problemas relacionados com as inundações, a higiene e a limpeza da cidade. A época que se seguiu ao terramoto de 1755 constituiu uma era de progresso na cidade, marcada pela sua reedificação e pelo estabelecimento do princípio da canalização metódica, cujos efeitos ainda se fazem sentir atualmente nas zonas mais antigas da cidade, onde perduram coletores unitários dispostos em malha, com ligação ao estuário do Tejo, como na zona da baixa (PGDL, 2015).

Na sequência da epidemia de cólera ocorrida em Lisboa em 1856, que posteriormente se alastrou, tornaram-se evidentes a má gestão e a falta de preocupação com o saneamento, que se provaram os principais fatores de propagação de doenças. É mais ou menos nessa altura que começa a ter lugar uma verdadeira revolução tecnológica, com a introdução dos sistemas de abastecimento e de distribuição de água domiciliária, construídos com tubagens que funcionam sob pressão. Começa também, nessa altura, e paralelamente, a ser gradualmente generalizada a prática de instalar ramais domiciliários e coletores prediais construídos (PGDL, 2015).

Em Lisboa, por exemplo, quando, no século XIX, se iniciou o abastecimento de água domiciliário, já existiam sob os arruamentos da cidade, estruturas de drenagem das águas pluviais urbanas. Tinham, geralmente, a soleira plana e eram construídos em cantaria, como os famosos coletores pombalinos da baixa lisboeta. Mais tarde, essas estruturas de drenagem passaram a drenar também as águas residuais domésticas, funcionando como coletores unitários. Esses coletores não garantiam, minimamente, condições de estabilidade nem de verificação da autolimpeza. Só no século XX surgiram e se difundiram as instalações de coletores de betão, pré-fabricados in situ, com juntas fechadas, oferecendo garantias de verificação das condições de autolimpeza e de estabilidade (PGDL, 2015).

Com o surgimento da Lei de Águas de 1919 e a criação nas décadas seguintes, de organismos especializados na gestão de obras hidráulicas, consolida-se um paradigma em que o Estado assume a liderança na construção de barragens, canais e infraestruturas de controlo da água em diferentes escalas; no entanto a partir dos anos 50 com maior relevância nos anos 70, a construção de barragens levou a acreditar que se tinham resolvido os problemas da bacia do Tejo, o que as cheias vieram demonstrar a insuficiência do conhecimento do funcionamento hidrológico da grande bacia na dinâmica do rio (Silva Soares, 2024).

Fora isso, a região da AML também conheceu uma forte pressão urbana, especialmente a partir dos anos 60, traduzida, entre outros aspetos, pelo grande aumento da área construída e, dentro desta, das áreas urbanas de génese ilegal (AUGI). O desordenamento do território daí resultante refletiu-se não só no agravamento da perigosidade potencial das cheias, mas também no incremento da vulnerabilidade decorrente da ocupação indevida dos leitos de cheia e, por vezes, dos leitos menores dos cursos de água (Borges et al. 2007).

“Nos últimos anos, as autarquias têm desenvolvido esforços na reabilitação das AUGI e na implementação de medidas mitigadoras das cheias e da carga sólida por elas transportada, nomeadamente através da melhoria dos arruamentos, da recolha de lixo e dos sistemas de esgotos. Têm também sido efetuadas intervenções nos troços críticos das ribeiras, através do alargamento e/ou aprofundamento dos leitos, da construção de diques de proteção e até do desvio dos cursos de água de locais densamente povoados” (Borges et al., 2007, p. 1).

“Todas estas medidas mitigadoras, aliadas ao facto da maioria das ribeiras registar caudais reduzidos e dos seus afluentes raramente apresentarem escoamento, levam a uma sensação de pouca segurança por parte da população e das autoridades. As pequenas bacias hidrográficas que drenam a Região de Lisboa possuem tempos de concentração e de resposta muito reduzidos e, quando são atingidas por quedas pluviométricas muito intensas, originam cheias rápidas que, além de provocarem grandes prejuízos materiais, se revelam mortíferas nas situações mais graves, como aconteceu por duas vezes nos últimos quarenta anos” (Borges et al., 2007, p. 1).

As cheias de 1967 (Figura 2) constituem um marco na memória coletiva e um ponto de inflexão na perceção do risco. Estima-se que este evento tenha provocado centenas de mortes e milhares de desalojados, com impactos particularmente graves na periferia de Lisboa: Loures, Odivelas e Vila Franca de Xira. A partir da segunda metade do século XX, e em particular após a Revolução de 25 de Abril de 1974, assiste-se a uma nova fase na gestão da água em Portugal, marcada pela reorganização institucional, pela evolução do planeamento urbano e pela tentativa de modernização das infraestruturas de saneamento e drenagem (Saraiva, 1999).



Figura 2 As grandes cheias de 1967 na AML.

Fonte: Câmara Municipal de Odivelas.

As inundações registadas nas décadas seguintes, como as de 1979, 1996, 2008, 2014 e 2022, evidenciam claramente as limitações estruturais deste modelo, sobretudo em territórios já fortemente artificializados (Figura 3).



Figura 3 Cheias de 2014 na Praça de Espanha, Lisboa (esquerda); Cheias de 2008 em Odivelas (direita).

Fontes: Câmara Municipal de Lisboa (esquerda); Câmara Municipal de Odivelas (direita).

“Podemos afirmar que as obras realizadas no território não tiveram em consideração o escoamento eficaz das águas. A paisagem não foi organizada de maneira a garantir as melhores condições de vida, a maior utilidade económica, social e cultural e a necessária estabilidade ecológica e biofísica. Pelo contrário, há em todo o território, um processo rápido de desestabilização, o que justifica o volume cada vez maior de deslizamentos, arrastados e carrejos sólidos desprendidos nos estrangulamentos” (Telles, 2005, p. 314).

“A interdependência de diversas componentes numa bacia hidrográfica, bem como a complexidade das interações entre as diferentes utilizações da água, não permite tratar a problemática das cheias e especialmente, das medidas corretivas a adotar numa situação particular e desintegrada da política global de gestão dos recursos hídricos e de ordenamento territorial” (DGRN, 1989, p.3).

“A interface entre o sistema físico, no qual se integram os fenómenos que constituem o ramo terrestre do ciclo hidrológico, e o subsistema socioeconómico constitui o quadro das situações que envolvem o processo de tomada de decisão por parte das entidades responsáveis pela definição dos programas de intervenção neste âmbito, quadro

caracterizado por um complexo envolvimento de problemas e de relações institucionais e socioeconómicas” (DGRN, 1989, p.3).

Torna-se assim necessário encarar o problema da ocorrência de cheias e a consequente definição de medidas que visam à sua proteção, numa perspetiva interdisciplinar, englobando as vertentes hidrológicas, hidráulicas, económicas, sociais e ambientais, orientadas para a prossecução de estratégias de planeamento adaptadas aos objetivos a atingir (DGRN, 1989).

Mais do que considerar as águas pluviais um problema, elas deveriam ser encaradas como uma oportunidade, capazes de contribuir para ampliar a natureza e a resiliência no meio urbano. Contudo, para fazer a transição para um conceito de maior conservação de água, de encanar menos e de aumentar mais a biodiversidade dos espaços, é preciso a reinvenção da sua gestão, encontrando soluções descentralizadas que envolvam a participação de todos os cidadãos. (Veludo, 2026).

Esta transição implica passar de um modelo de captação, uso e rejeição, no qual se procura aumentar indefinidamente a capacidade das redes de drenagem, para um modelo circular, em que a água é valorizada como recurso, armazenada temporariamente, infiltrada e reutilizada no próprio local sempre que possível, ou seja, implementar o ciclo da água natural no ciclo da água urbana.

2.2. Vantagens da Aplicação de Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável

A transição para um modelo de gestão da água urbana mais sustentável não depende apenas de inovações técnicas ou do investimento em infraestruturas. Depende também da capacidade de envolver as comunidades, de valorizar o conhecimento local e de criar espaços urbanos resilientes, com formas de dar tanto ao sistema natural como ao urbano. Esta dimensão social e espacial da adaptação climática tem vindo a ganhar reconhecimento crescente, particularmente no contexto da gestão de cheias urbanas, onde a escala local emerge como determinante do sucesso de estratégias mais abrangentes.

Nos últimos anos, tem-se começado a desenvolver uma abordagem alternativa que procura integrar as infraestruturas de gestão das águas pluviais no desenho do espaço

público. Em vez de esconder os sistemas de retenção, infiltração ou tratamento, esta perspetiva seleciona espaços como parques, praças, jardins, arruamentos para criar soluções em que as funções técnicas, ecológicas e sociais coexistam e se reforcem mutuamente.

Com base em análises de casos internacionais, Matos Silva, em *Public Spaces for Water* (2019), identifica vantagens específicas que o espaço público oferece quando utilizado como suporte a medidas de adaptação a cheias. Entre essas vantagens, três revelam-se particularmente relevantes para intervenções em escala local.

A multifuncionalidade explica que os sistemas tradicionais de drenagem cumprem uma única função e permanecem desativados durante a maior parte do ano, atuando apenas em eventos pluviométricos intensos. Em contraste, quando medidas de gestão da água são integradas no desenho do espaço público, esses mesmos espaços desempenham múltiplas funções ao longo de todo o ciclo, não só cumprindo o seu papel funcional, mas também melhorando o ambiente e a qualidade de vida do espaço e das pessoas que o vivem (Matos Silva, 2019).

Outra vantagem apresentada é a visibilidade e a capacidade pedagógica, que explicam que um dos maiores desafios da adaptação climática urbana se expõe na dificuldade em traduzir processos hidrológicos abstratos, como taxas de infiltração, volumes de retenção ou caudais de ponta em realidades concretas e compreensíveis para a população. Infraestruturas subterrâneas, por definição, mantêm esses processos completamente ocultos. No entanto, espaços públicos bem desenhados podem funcionar como dispositivos pedagógicos, tornando visíveis o funcionamento do ciclo da água e os efeitos da precipitação intensa, mas, para isso, tem de existir essa transmissão de informação ao público (Matos Silva, 2019).

É fundamental mostrar o que “não existe”, embora exista e nós não o vemos. Esta visibilidade gera uma maior valorização das intervenções e, consequentemente, influencia a apropriação desses espaços e até, em alguns casos, o envolvimento na sua manutenção e monitorização.

A praça Benthemplein em Roterdão (Figura 4), que será analisada mais à frente, é usada como exemplo para mostrar estas duas vantagens aplicadas no estudo de Matos Silva (2019).

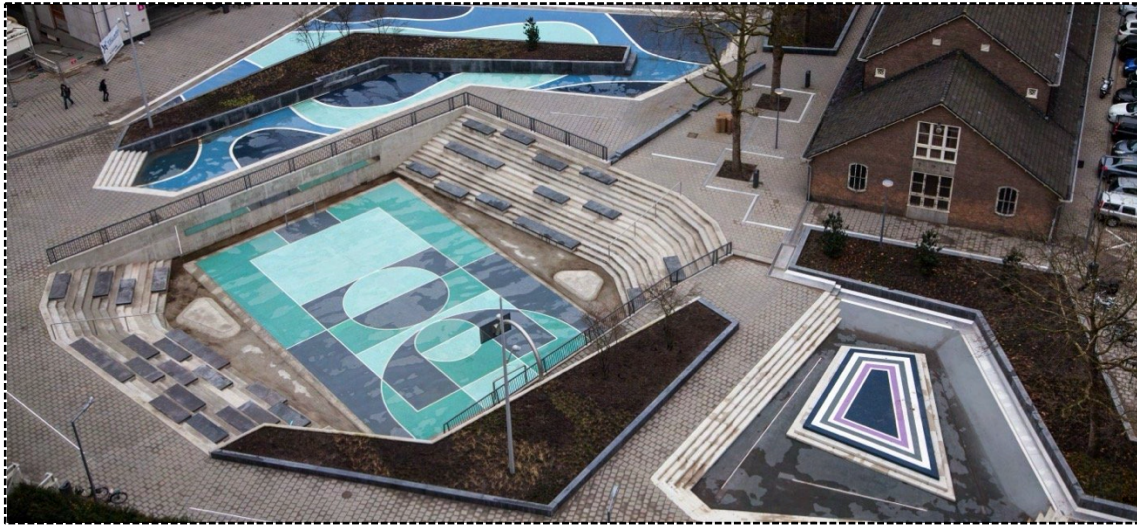


Figura 4 Vista aérea da praça Benthemplein.

Fonte: De Urbanisten.

O desenho caracteriza-se por três bacias de retenção situadas em diferentes níveis, que acumulam toda a água pluvial de forma escalonada durante os eventos pluviométricos. Todos os utilizadores do espaço, sejam crianças a brincar, jovens a praticar desporto ou pessoas que por lá passam, conseguem observar o sistema a funcionar 10% do tempo, enquanto os restantes 90% servem para permitir que a praça funcione como espaço público de estadia e recreio. A água é conduzida por canais e libertada nas bacias e no composto de plantação, evidenciando a multifuncionalidade (Figura 5). A experiência visual e sensorial torna o ciclo urbano da água tangível e compreensível.

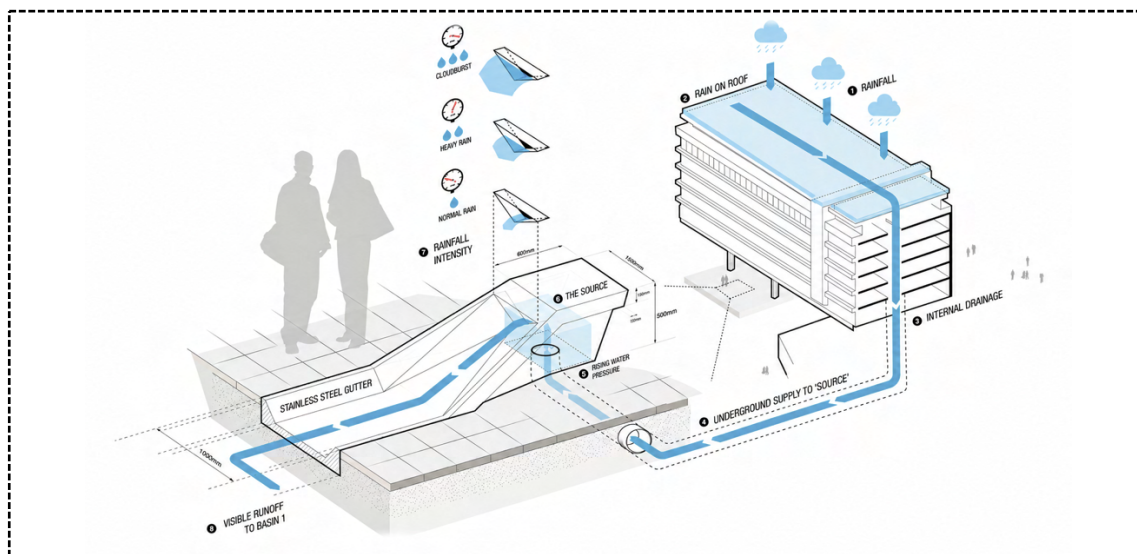


Figura 5 Ciclo hidrológico da praça.

Fonte: De Urbanisten.

A última vantagem apresentada é a exposição e partilha de valor, na qual se explica que ao integrar a infraestrutura no desenho de um espaço público, em vez de a esconder, um investimento público é exposto e partilhado com a comunidade, o que pode gerar oportunidades adicionais, como a melhoria da amenidade e da qualidade ambiental.

Na abordagem comum da drenagem urbana, os investimentos são escondidos subterraneamente, frequentemente englobam uma única função e são utilizados apenas para a água pluvial. Em contraste, investimentos em drenagem urbana podem ser incorporados à infraestrutura integrada no próprio espaço público. Nesta segunda opção, o valor não é apenas exposto a todos, mas também partilhado entre todos os que utilizam esse espaço. As soluções de drenagem sustentável ilustram claramente este princípio. O seu valor é simultaneamente exposto e partilhado com as pessoas, que beneficiam diretamente da melhoria ambiental, estética e funcional do espaço, enquanto a infraestrutura cumpre o seu objetivo hidrológico (Matos Silva, 2019).

Para este parâmetro, usa-se como referência o projeto da reabilitação da Ribeira da Asprela no Porto, cujo projeto envolvente do Parque da Asprela considerou toda uma nova configuração para uma zona com grande afluência de pessoas e vulnerabilidade a cheias, onde o desenho do espaço público foi pensado com diferentes propósitos, comportando-se como um corredor ecológico bastante notório, dentro de uma malha urbana consolidada (Farinha-Marques, P. et al., 2018).

A reabilitação da Ribeira da Asprela permite conferir um aspeto de contemplação a todo este espaço (Figura 6), que anteriormente era um canal poluído e obstruído, proporcionando uma integração completamente sustentável nesta paisagem. Este elemento torna-se, então, apropriado e valorizado pelas pessoas que nele passam diariamente, reforçando a identidade e a legibilidade urbana deste novo centro, que, em vez de ser tratado como um investimento público subterrâneo, materializa-se como um espaço verde com grande capacidade de suporte à biodiversidade (Farinha-Marques, P. et al., 2018).



Figura 6 Ribeira da Asprela.

Fonte: Câmara Municipal do Porto.

Através dos espaços públicos e do seu desenho, as alterações climáticas podem tornar-se visíveis e significativas para as pessoas. Os espaços públicos constituem uma fonte de conhecimento que pode ser apreendida como um processo autónomo de aprendizagem experiencial, oferecendo oportunidades para processos de literacia climática inerentes à adaptação.

Por meio das vantagens anteriormente identificadas, as comunidades podem ser percebidas como apoios estruturantes no processo de gestão da vulnerabilidade urbana, e não apenas como alvos de riscos. A literatura sobre gestão da água, promovida pelo desenho do espaço público, reforça a necessidade comum de ação. O conhecimento e o desenho conduzido localmente constituem um valor acrescentado aos esforços de adaptação (Matos Silva, 2019).

Contudo, perante uma área de ação sem precedentes, espera-se que conceitos e paradigmas mudem ao longo do tempo, assim como as funções e a complexidade dos espaços públicos, com medidas de adaptação. O desenho destes espaços deve

englobar um processo contínuo, apoiado na necessidade de aprender, refletir sobre os erros e adquirir experiência (Matos Silva, 2019).

"Accept the challenges with the intent to provide answers and with the modesty of providing them with uncertainty, with the audacity to experiment and with the humility to admit mistakes" (Borja, 2003, p. 140, citado em Matos Silva, 2019).

2.2.1. Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável

A caracterização das vantagens do espaço público na gestão das inundações só é justificável quando as medidas de adaptação são integradas ao desenho urbano.

Os Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) são hoje um quadro de referência para repensar a forma como as cidades lidam com a chuva, deixando de a tratar como um mero resíduo a afastar o mais depressa possível, para passar a geri-la como recurso e elemento estruturante da paisagem urbana. Do ponto de vista internacional, a mesma filosofia aparece sob diferentes designações: SUDS no Reino Unido, LID (Low Impact Development) nos Estados Unidos e WSUD (Water Sensitive Urban Design) na Austrália. Todos estes quadros de referência partem da confirmação de que a urbanização acelerada e a impermeabilização excessiva alteraram profundamente o ciclo da água, reduzindo a infiltração, a evapotranspiração e a recarga dos aquíferos, enquanto aumentam o escoamento superficial, os picos de cheia e o transporte direto de poluição difusa para os corpos de água (Fletcher et al., 2015).

Embora exista uma forte correlação entre estes sistemas e os princípios que serão apresentados, a abordagem adotada nesta investigação distingue-se pelo foco específico na adaptação ao risco de cheias no espaço público. Mais concretamente, procura-se incluir não apenas medidas que suportam estratégias de prevenção, como as medidas convencionais de gestão da drenagem urbana centradas no controlo dos caudais e da qualidade da água, mas também medidas que suportam estratégias de proteção e de acomodação de eventos de cheia, integrando soluções de defesa, retenção temporária e convivência com a água em contexto urbano (Matos Silva, 2019).

Na prática, os SUDS constituem um conjunto articulado de soluções e estratégias aplicáveis desde a escala da cobertura de um edifício até à escala da bacia hidrográfica, procurando aproximar o comportamento do ciclo urbano da água ao ciclo natural (Figura

7). No plano das soluções concretas, as medidas podem ser agrupadas, seguindo a terminologia de Best Management Practices (BMPs), em dois grandes grupos: medidas estruturais e não estruturais já anteriormente referidas (Woods Ballard et al., 2015).

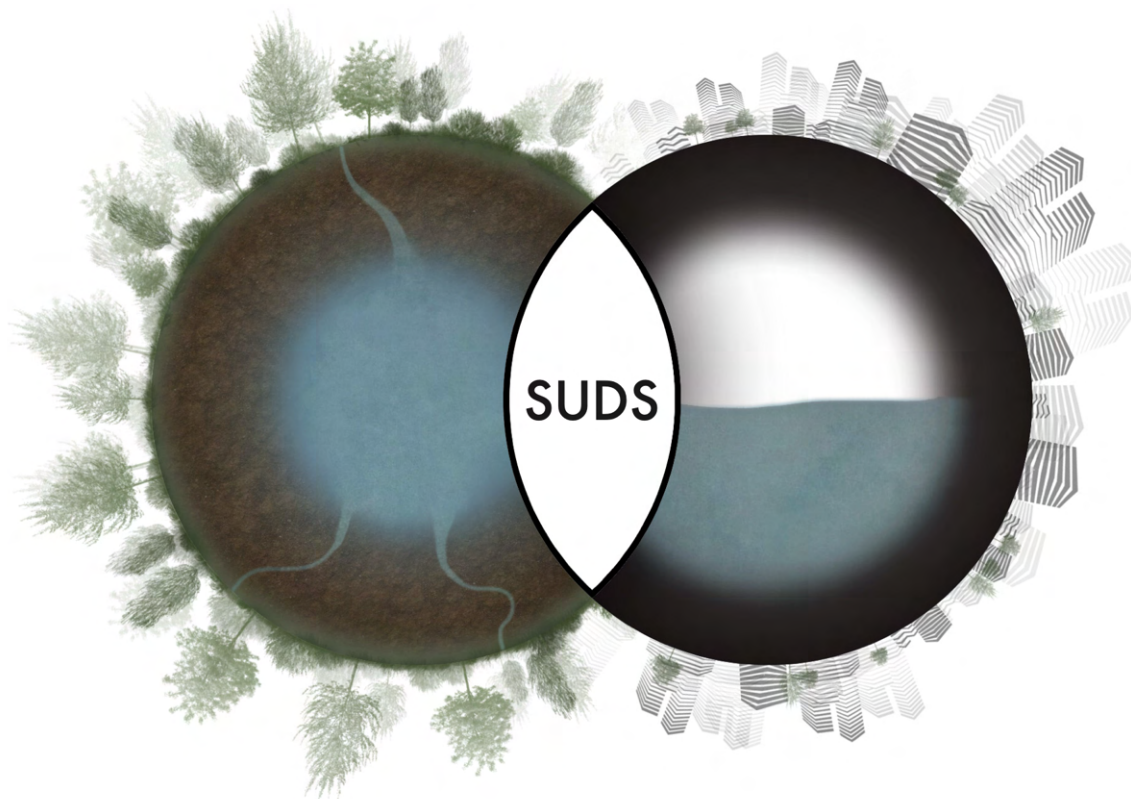


Figura 7 SUDS como relação entre o ciclo natural e urbano da água.

Fonte: Própria.

As medidas estruturais, que correspondem a obras físicas e dispendiosas de engenharia hidráulica, e as medidas não estruturais que se caracterizam por zonamentos e regulamentações políticas. (Saraiva, 1999).

As medidas estruturais devem ser consideradas desde as fases iniciais do planeamento urbano e do projeto, para minimizar custos e impactos e maximizar as sinergias entre as funções. Quando são desenhadas para remendar problemas de inundação já existentes, tendem a ser mais caras, mais invasivas e menos integradas à paisagem. A gestão bem-sucedida nasce da combinação de medidas não estruturais robustas, que abordam planeamento, regulação, educação, incentivos e monitorização, com medidas estruturais bem dimensionadas e estrategicamente localizadas ao longo da cadeia de controlo na origem, no local e na regional (Saraiva, 1999).

Do ponto de vista da Arquitetura Paisagista, estas soluções constituem uma alternativa e um complemento ao modelo tradicional de drenagem, propondo sistemas que procuram imitar, tanto quanto possível, os processos naturais do ciclo da água. Em vez de canalizar tudo para jusante, um sistema bem desenhado atua em cadeia, desde o ponto onde a precipitação ocorre até ao meio recetor final, integrando-se no desenho dos espaços livres e na experiência quotidiana dos espaços públicos.

Cada solução de drenagem sustentável pode ser adaptada a diferentes contextos e necessidades por meio de variações na sua configuração estrutural. Existem três sistemas principais de gestão da água superficial, cada um adequado a condições específicas do local (Woods Ballard et al., 2015).

O primeiro sistema é por infiltração total (Figura 8), em que toda a água pluvial que atravessa a superfície permeável entra na subcamada, onde pode ser armazenada temporariamente e, depois, infiltra-se no subsolo. Normalmente, não há descarga para a rede de drenagem ou para as linhas de água. No entanto, pode ser necessário prever um extravasar de emergência para eventos extremos que excedam a capacidade de projeto ou para situações em que o sistema perca eficiência ao longo da sua vida útil, por exemplo, devido à redução das taxas de infiltração causada pela colmatação (Woods Ballard et al., 2015).

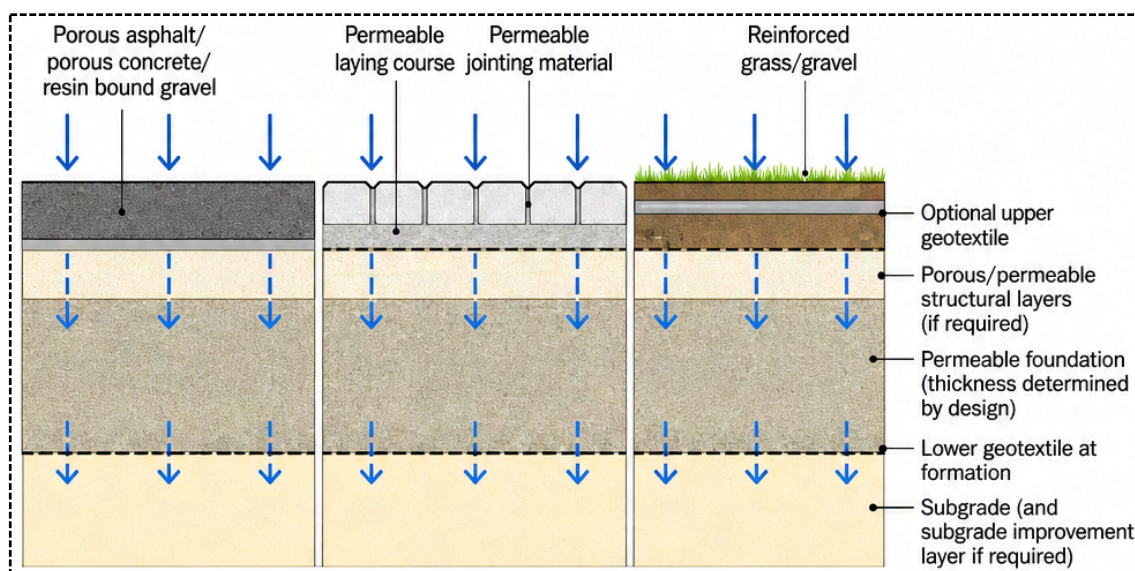


Figura 8 Sistema de drenagem por infiltração total.

Fonte: Woods Ballard et al., 2015.

Este tipo é adequado quando o solo apresenta boa capacidade de infiltração, o lençol freático está suficientemente profundo e não há risco de contaminação do aquífero subjacente.

O segundo sistema é por infiltração parcial (Figura 9), com auxílio dos sistemas tradicionais de drenagem, no qual a fração da precipitação que excede a capacidade de infiltração do solo é encaminhada a esses sistemas. Isto pode ocorrer por drenagem direta pela sub-base ou por condução através de geodrenos instalados dentro ou abaixo dela. Podem também ser utilizadas mantas geotêxteis para recolher e conduzir a água abaixo da camada de sub-base, ou colocadas verticalmente nas extremidades da construção para permitir a ligação a tubagens (Woods Ballard et al., 2015).

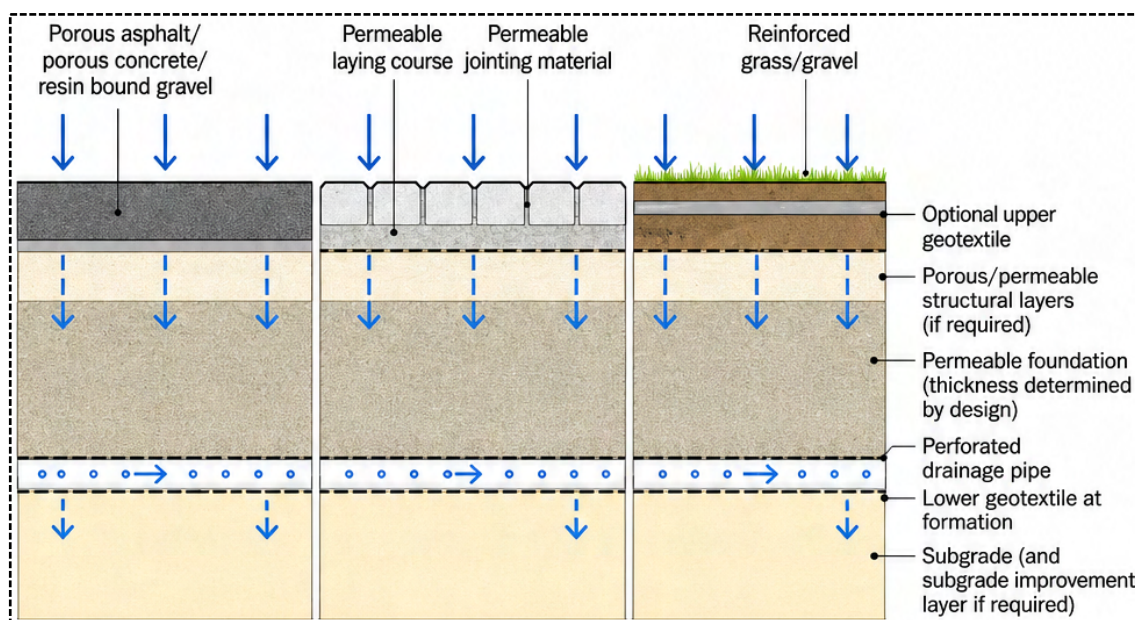


Figura 9 Sistema de drenagem por infiltração parcial.

Fonte: Woods Ballard et al., 2015.

Este sistema combina os benefícios da infiltração local com a segurança de um sistema de descarga controlada, adequado a solos com capacidade de infiltração moderada ou variável.

O terceiro sistema é por drenagem sem infiltração (Figura 10), no qual não ocorre infiltração no solo. Toda a lógica hídrica do espaço encaminha a água para os sistemas tradicionais de drenagem, que, conseqüentemente, a conduzem ao ponto de descarga por meio de tubos (Woods Ballard et al., 2015).

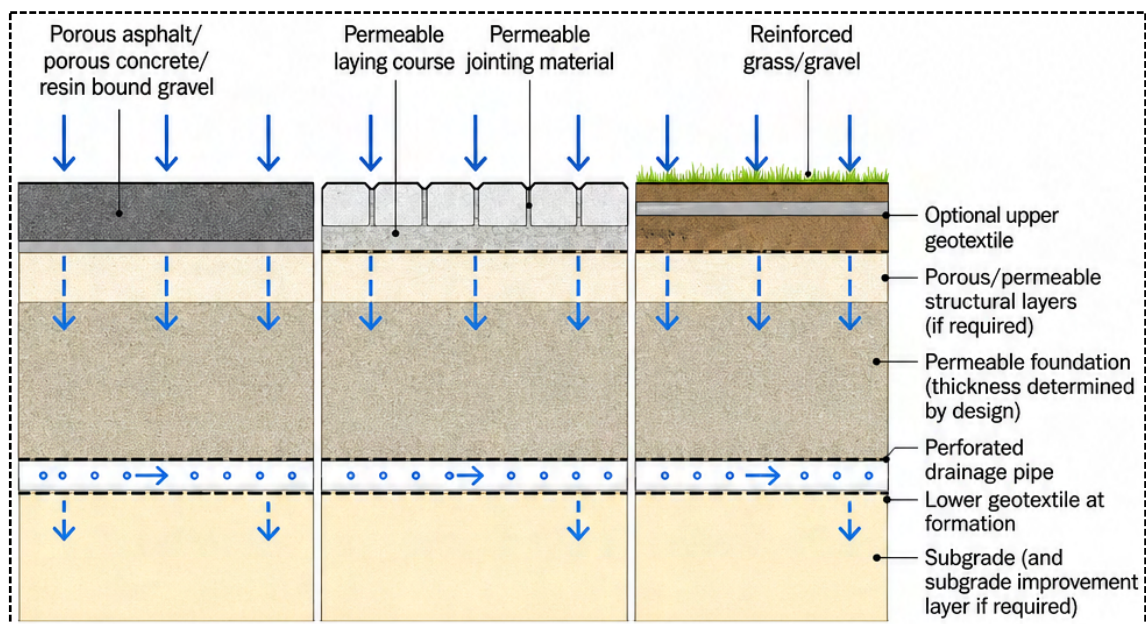


Figura 10 Sistema de drenagem sem infiltração.

Fonte: Woods Ballard et al., 2015.

Este tipo é utilizado em situações quando os solos têm baixa permeabilidade ou baixa resistência, podendo ser danificados pela introdução de água infiltrada; quando a água será recolhida e reutilizada para outros fins, como para a rega; quando o aquífero subjacente é sensível e necessita de proteção contra contaminações; quando o nível freático está a menos de 1 metro da subcamada, e quando o local está contaminado e os riscos de mobilização de contaminantes devem ser minimizados.

A escolha entre estes diferentes sistemas, ou entre combinações deles, deve responder às condicionantes específicas de cada local. Não existe uma solução universal. Existe, sim, um conjunto de princípios e sistemas que podem ser adaptados, combinados e ajustados para responder da forma mais eficaz a cada contexto particular. Foram então combinadas soluções aplicadas à pequena escala, mobilizando apenas os recursos e as margens de intervenção disponíveis num pequeno jardim, o que permitiu oferecer um maior suporte à solução de materialização desta investigação.

Uma caracterização técnica exaustiva de cada medida de adaptação não é pretendida, dado que esse trabalho já foi desenvolvido de forma aprofundada em referências especializadas das áreas da engenharia hidráulica e da drenagem urbana sustentável, como os casos Birgelen et al. (2011) e Woods Ballard et al. (2015) (Matos Silva, 2019). Ainda que a escolha tenha sido ligeiramente alterada, a abordagem adotada baseia-se

fundamentalmente na investigação de Matos Silva em *Public Spaces for Water*, que oferece um enquadramento específico para a integração de medidas de gestão de cheias no desenho de espaços públicos.

Considerando a premissa apresentada, é então construída uma biblioteca de soluções urbanas de drenagem sustentável.

Só o uso do solo natural e da cobertura plantada constitui, por si só, uma solução de drenagem sustentável, tendo em conta todo o suporte da elevada biodiversidade e infiltração capazes de promover. A vegetação funciona, assim, como uma matriz comum sobre a qual se podem construir muitas das diferentes tipologias de soluções urbanas de drenagem sustentável, servindo de base ecológica para a sua implementação. Ao apoiar os processos naturais de infiltração, evapotranspiração e retenção, esta implementação permite uma gestão da água mais sustentável, com menor consumo de energia e menor utilização de recursos materiais.

2.2.1.1. Coberto Vegetal em Edifícios

Esta solução baseia-se em estruturas com vegetação, implementadas em edifícios, que permitem transformar superfícies inertes em elementos com capacidade de retenção, evapotranspiração e suporte à biodiversidade, proporcionando também maior conforto térmico à estrutura edificada. Foram divididas pelas seguintes soluções:

- As paredes verdes (Figura 11) são sistemas em que toda a planta, parte aérea e radicular, é suportada na superfície vertical através de módulos ou painéis com substrato, distribuindo o crescimento ao longo de toda a fachada e permitindo maior densidade de vegetação em menor espessura.
- As fachadas verdes (Figura 11), por sua vez, são sistemas baseados em trepadeiras, cuja cortina de vegetação se forma pela própria capacidade das plantas de se expandirem verticalmente ao longo da fachada, a partir de um reservatório de solo localizado junto do edifício.
- As coberturas verdes (Figura 11) são sistemas instalados em telhados ou lajes de cobertura, acrescentando camadas de impermeabilização, proteção, drenagem, substrato e vegetação sobre a estrutura existente, o que permite reter volumes significativos de água da chuva e atrasar o escoamento para o sistema de drenagem tradicional.

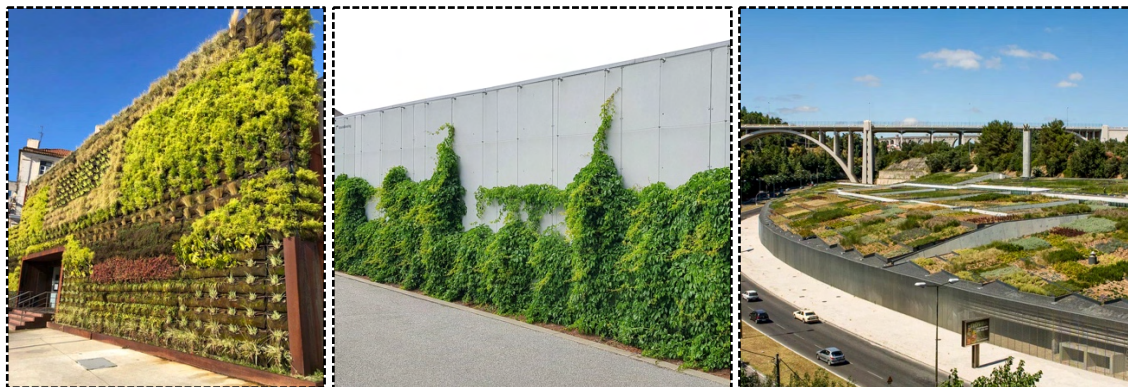


Figura 11 Parede Verde: Jardim Vertical de Campolide, Lisboa; Fachada verde: Dinamarca; Cobertura verde: ETAR de Alcântara (esquerda para direita).

Fontes: TERRACELL; LANDLAB; PROAP (esquerda para direita).

2.2.1.2. Biorretenção

As medidas de infiltração podem ser executadas de diferentes formas: seja apenas para infiltrar, seja quando a infiltração constitui apenas uma categoria entre outras, como na biorretenção.

O caso da biorretenção abrange a retenção superficial, a infiltração no solo e a evapotranspiração da água pluvial. São geralmente áreas verdes com escavações que recebem o escoamento superficial, permitindo que este se acumule temporariamente na superfície e, posteriormente, seja infiltrado no solo e na vegetação, podendo, quando necessário, ser conduzido até um geodreno ligado à rede de drenagem principal.

A presença de uma camada de brita e de um solo bem estruturado garante ainda mais a taxa de sucesso da infiltração e da remoção de poluentes, bem como boas condições para o crescimento de toda a vegetação, contribuindo para reduzir os caudais de cheia e melhorar a qualidade da água. Nesta categoria, foram assinaladas diferentes soluções.

- As bacias de base natural (Figura 12) são depressões que funcionam como escavações no solo natural, mantendo um espelho de água temporário durante eventos pluviométricos e escoando ou infiltrando a água ao longo de várias horas ou dias, conforme a capacidade de infiltração e a presença de drenos no fundo. Estas soluções, tal como qualquer medida de biorretenção, têm duas funcionalidades distintas: retenção ou laminagem. Quando a prioridade é que a água permaneça e se infiltre localmente, evidencia-se a necessidade de um

sistema de retenção. Quando o objetivo é apenas atrasar e direcionar a descarga para jusante, assume-se um comportamento de laminagem.

- Os rain gardens, ou jardins de chuva (Figura 12), são a expressão de pequenas bacias de biorretenção, depressões baixas e côncavas, plantadas com herbáceas, arbustos e, por vezes, pequenas árvores, que recebem a água de uma cobertura ou de um troço de pavimento e a infiltram localmente. Canteiros e valas plantadas partilham a mesma lógica funcional, mas numa representação de escala ainda mais pequena (Matos Silva, 2019).



Figura 12 Depressão de biorretenção: Sankt Kjelds Plads, Copenhaga (esquerda); Jardim de chuva: Rua Santos Pousada, Porto (direita).

Fontes: SLA (esquerda); Câmara Municipal do Porto (direita).

2.2.1.3. Infiltração por Brita

A diferença deste tipo de infiltração em relação à infiltração promovida por soluções de biorretenção é que o princípio é infiltrar logo, não havendo espaço na superfície para reter a água. Esta medida é executada com outro tipo de permeabilidade, como no caso da brita.

- As valas de brita (Figura 13) são áreas lineares, pouco profundas, preenchidas com este material poroso e, muitas vezes, com solo natural e/ou plantado, concebidas para receber escoamento superficial, armazená-lo temporariamente na própria camada e promover a infiltração no solo. Paralelamente à função hidráulica, podem qualificar o espaço público, organizar os fluxos pedonais e

viários e atuar como transição entre pavimentos impermeáveis e áreas verdes (Matos Silva, 2019).

- Noutro caso, os poços de infiltração (Figura 13) são escavações no solo, geralmente preenchidas com material granular que armazenam temporariamente as águas pluviais e as distribuem para o subsolo por infiltração. São particularmente indicados em contextos com limitações de espaço à superfície, em especial na presença de pavimentos semipermeáveis ou impermeáveis, podendo constituir um complemento à infiltração, desde que a geologia e a proteção dos aquíferos o permitam.



Figura 13 Vala de brita: Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, Odivelas (esquerda); Poço de brita: Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho, Odivelas (direita).

Fonte: Própria.

2.2.1.4. Pavimentos Permeáveis

Os pavimentos permeáveis são aqueles que permitem a infiltração da água através da camada de desgaste até às camadas inferiores. A partir da camada de armazenamento, a água pode infiltrar-se no solo, ser reutilizada ou encaminhada para outras soluções, como rain gardens, bacias de biorretenção ou reservatórios, atenuando o escoamento superficial e removendo poluentes urbanos por meio da filtração e da adsorção. (Matos Silva, 2019). Dentro desta categoria, existem muitas tipologias de pavimentos permeáveis, nas quais se evidenciaram três estruturantes:

- Os pavimentos porosos (Figura 14) utilizam materiais cuja matriz é contínua e permeável, como o betão poroso, permitindo que a água atravesse diretamente o corpo do pavimento. A água é temporariamente armazenada na camada

granular subjacente antes de infiltrar no solo ou ser conduzida a outros elementos do sistema de drenagem (Matos Silva, 2019).

- Os pavimentos com juntas abertas (Figura 14) são compostos por unidades modulares com vazios nas peças ou entre elas, formando células abertas preenchidas por uma camada permeável (Matos Silva, 2019).
- As soluções em gradil (Figura 14) utilizam elementos perfurados ou em malha, muitas vezes de plástico ou metal, que distribuem as cargas e mantêm vazios preenchidos com solo ou granulado permeável, assegurando a passagem da água para as camadas inferiores.



Figura 14 Betão poroso: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Pavimento em juntas abertas: Porto; Gradil: Países Baixos (esquerda para direita).

Fontes: NPK, Arquitetos Paisagistas Associados; Própria; Robberecht TUIJEN (esquerda para direita).

2.2.1.5. Reservatórios

Na categoria de reservatórios agrupam-se medidas que privilegiam a retenção, disponibilizando volumes de armazenamento temporários para atenuar picos de caudal durante episódios pluviométricos intensos. Tal como nas medidas de biorretenção, é possível haver reservatórios de retenção e de laminagem.

- As bacias inertes (Figura 15) funcionam como reservatórios impermeáveis à superfície, geralmente implantados em cotas baixas, que recebem águas pluviais por meio de redes separativas. Comportam-se como charcos fechados, com um nível de água variável conforme a queda pluviométrica. Exemplos deste tipo de bacia incluem tanques de água e até mesmo as praças de água (Figura 15), concebidas para se inundarem temporariamente durante quedas

pluviométricas intensas, armazenando o escoamento pluvial da envolvente e, em períodos secos, funcionando como espaços de convívio e lazer.

- Outra solução deste tipo inerte é o reservatório subterrâneo (Figura 15) – uma câmara de grande volume enterrada sob parques, campos ou praças – dimensionado para regular as cheias e, muitas vezes, proteger redes unitárias ou estações de tratamento contradesargas mide emergência. Libertam o caudal de forma controlada para a ETAR ou para o sistema natural, mas que podem condicionar o tipo de vegetação plantada à superfície (Matos Silva, 2019).



Figura 15 Praça de água: Benthemplein, Roterdão (esquerda); Reservatório de água, Barcelona (direita).

Fontes: De Urbanisten (esquerda); BBC (direita).

2.2.1.6. Sistemas Abertos de Drenagem

Os sistemas abertos de drenagem são canais de água à superfície que funcionam como alternativa às redes de drenagem tradicionais, recebendo apenas água previamente tratada ou relativamente limpa e conduzindo-a para as redes tradicionais, sistemas naturais ou outras soluções. Podem assumir várias formas e dimensões, aproximando-se, em muitos casos, de talvegues naturalizados na paisagem urbana (Matos Silva, 2019). Dentro deste parâmetro podem existir:

- Os canais de rua (Figura 16), que transportam água limpa entre dois pontos no tecido urbano, sejam em secções discretas incorporadas no desenho do pavimento ou em perfis de rua adaptados (Matos Silva, 2019).
- Os canais de escoamento com barreiras, ou em inglês, check dams (Figura 16), são pequenas barreiras instaladas ao longo de canais ou valas que promovem a acumulação localizada de água, reduzem a velocidade do escoamento e favorecem a sedimentação de partículas. A água retida infiltra-se lentamente nos

solos a jusante ou evapora, contribuindo simultaneamente para o controlo da erosão (Matos Silva, 2019).



Figura 16 Canal de drenagem: Benthemplein, Roterdão (esquerda); Canal de escoamento (check dam): Parque da Alameda de Cartes, Porto (direita).

Fontes: De Urbanisten (esquerda); Câmara Municipal do Porto (direita).

2.2.1.7. Soluções de Coexistência

As soluções de coexistência referem-se a elementos do espaço público concebidos para funcionar, em simultâneo, como infraestrutura de uso quotidiano e como parte ativa do sistema de drenagem sustentável. Em muitos casos, estas estruturas não são técnicas isoladas, mas sim o resultado espacial da presença de outras soluções já aplicadas, permitindo que a água entre no desenho sem impedir a circulação e o uso do lugar.

Nestas situações, o processo de projeto é intencionalmente sequencial. Em primeiro lugar, define-se como e por onde a água pode passar, permanecer ou expandir-se; em segundo lugar, ajustam-se cotas, perfis e materiais para garantir que caminhos, praças ou equipamentos coexistam com esses volumes de água temporária. A forma do espaço público passa, assim, a refletir a própria inundação, tornando legível o funcionamento do sistema hidrológico do espaço. Neste contexto, podem admitir-se soluções como:

- Os caminhos rebaixados (Figura 17), que funcionam como percursos/vias em formato de depressão, permitem que a água os atravesse ou os ocupe temporariamente durante eventos pluviométricos, enquanto as zonas adjacentes se mantêm secas e acessíveis.

- Os caminhos em poldra (stepping stones) (Figura 17), sendo estes alinhamentos de pedras ou plataformas separadas, que permitem atravessar leitos de cheia, pequenos talvegues, dimensionados a partir dos níveis expectáveis de água, de forma a manter percursos utilizáveis mesmo com lâminas de água presentes.
- Os passadiços/plataformas elevadas (Figura 17) são estruturas sobre zonas de inundação controlada que garantem uma maior acessibilidade, mas, claro, dependendo da lâmina de água presente.

Outras soluções que podem ser incluídas nesta lógica são estruturas de defesa contra a água, implementadas localmente através de estruturas móveis, podendo ser integradas como elementos estruturantes da paisagem, como taludes de contenção, muros/bancos ou até mesmo presas/diques para desacelerar as águas.



Figura 17 Passadiços rebaixados: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Stepping stones: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa; Passadiços elevados, Taludes de contenção e presas: Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa (esquerda para direita).

Fontes: Própria; NPK, Arquitetos Paisagistas Associados (esquerda para direita).

Nem todas as soluções aqui apresentadas serão aplicadas à solução de materialização que será posteriormente analisada. No entanto, todas elas foram caracterizadas de forma sintética quanto às tipologias de soluções, aos materiais de implementação, aos tipos de cheia a que melhor respondem e à escala de intervenção. Esta ampla abordagem permite dispor de uma biblioteca de soluções de drenagem sustentável suficientemente rica e diversificada, facilitando a tomada de decisões fundamentadas no processo de desenho orientado para a adaptação climática, nomeadamente no controlo das inundações no espaço público.

2.2.2. Projetos de Referência

De modo a fundamentar o processo de investigação e ilustrar concretamente o tipo de abordagens que têm vindo a ser desenvolvidas na prática contemporânea, o estudo e a observação de casos existentes na paisagem constituem um elemento indispensável. Diversos espaços públicos já permitem uma leitura clara do contributo do desenho da Arquitetura Paisagista para a adaptação às alterações climáticas, particularmente no domínio do controlo de inundações. Até já existem diversos casos em que os desenhos originais são alterados de modo a permitir essa adaptação, quando jardins situados em áreas vulneráveis precisam de conciliar essa vertente com a drenagem sustentável.

Antes de abordar os projetos de referência, é necessário destacar a ideia de integrar soluções de drenagem sustentável em jardins já consolidados. A necessidade de intervir em zonas vulneráveis é fundamental para a melhoria do espaço público. Quando a existência de espaços verdes nessas áreas não tem efeito significativo na melhoria da capacidade do espaço nem do seu retorno, é essencial intervir. Dois exemplos desse tipo de intervenção são o Jardim Paulo Vallada, no Porto, e o Crescent Gardens, em Londres.

O Jardim Paulo Vallada localiza-se numa zona vulnerável a inundações, diretamente sobre o traçado subterrâneo da Ribeira do Poço das Patas, responsável pelos episódios de inundação de janeiro de 2023 que afetaram a zona das Fontainhas.

A Câmara Municipal do Porto (CM Porto) desenvolveu este projeto de requalificação, que procurou transformar o jardim numa *esponja*, capaz de reter temporariamente a água da chuva durante eventos extremos e, dessa forma, reduzir o efeito em cascata que se verifica a jusante, em direção ao rio Douro (CM Porto, 2025).

A intervenção criou cinco pequenas bacias de retenção (Figura 18) distribuídas pelo jardim, incluindo o campo de futebol, que foi rebaixado para funcionar simultaneamente como equipamento desportivo e como volume de armazenamento.

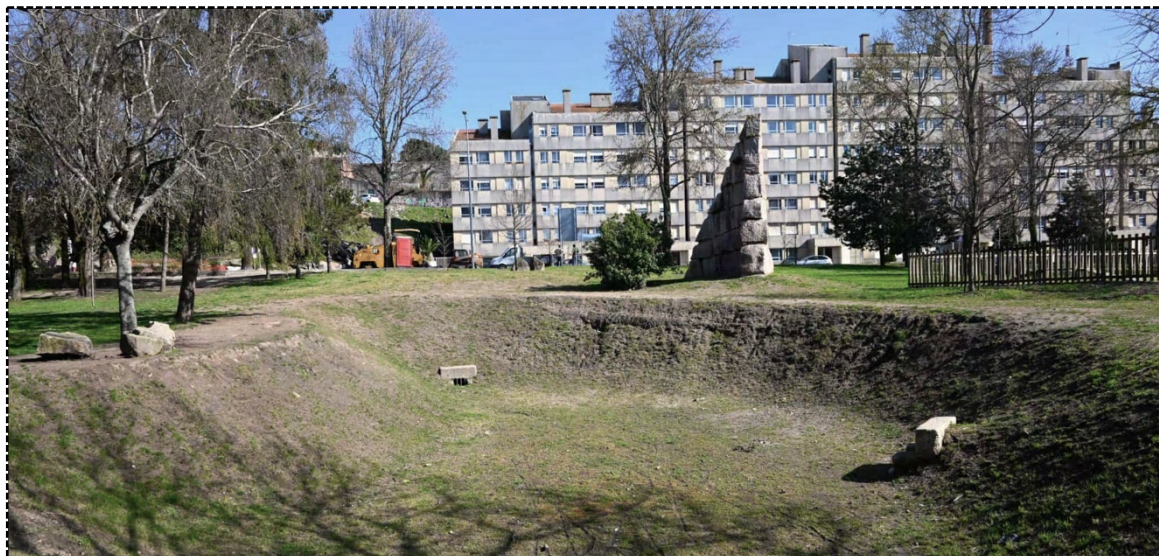


Figura 18 Uma das cinco bacias de retenção.

Fonte: Câmara Municipal do Porto.

A ideia de adaptar um jardim existente do século XX, integrando soluções que melhorem o seu desempenho hidrológico e contribuam para a regulação da bacia urbana envolvente, é, em si mesma, pertinente e necessária. Demonstra uma consciencialização plena dos problemas atuais e da vontade de intervir no património verde da cidade, de modo a torná-lo mais resiliente face às alterações climáticas. Contudo, a materialização concreta do desenho pode suscitar questões de sustentabilidade, no sentido de que as bacias de retenção descem excessivamente, criando depressões acentuadas que comprometem a leitura do jardim e que limitam a sua multifuncionalidade.

A premissa para a elaboração desta intervenção é correta; no entanto, o desafio não é apenas fazer os sistemas funcionarem, mas sim fazê-los funcionar bem, de forma integrada, discreta, multifuncional e esteticamente coerente.

No outro caso, o Crescent Gardens, situado em Wood Green, no bairro londrino de Haringey, é um pequeno jardim de bairro que foi requalificado para servir como infraestrutura de drenagem sustentável. A intervenção insere-se numa estratégia municipal de redução do risco de inundação e de melhoria da qualidade da água, procurando demonstrar como um espaço verde local pode contribuir, de forma concreta, para o desempenho hidrológico da bacia hidrográfica em que se insere e para a regeneração do espaço público, uma vez que o antigo jardim não conseguia suportar quedas pluviométricas de maior intensidade (susDrain, 2020).

O projeto, desenvolvido pela Robert Bray Associates com base num estudo de viabilidade detalhado, parte da mesma premissa de que a água que hoje é rapidamente encaminhada para o sistema tradicional deve, em vez disso, ser retida e infiltrada. O projeto caracteriza-se pela implementação de treze rain gardens distribuídos ao longo do jardim, duas depressões e uma diversidade de valas que conduzem o escoamento proveniente dos arruamentos adjacentes e das superfícies pavimentadas do próprio espaço (susDrain, 2020).

As valas ligam entre si os diferentes rain gardens (Figura 19) e as duas depressões, garantindo um escoamento controlado e a segurança dos utilizadores do espaço. As depressões, por sua vez, permanecem secas na maior parte do tempo e apenas inundam durante eventos extremos, libertando posteriormente a água de forma gradual e controlada. (susDrain, 2020).



Figura 19 Sistema de entrada de água pluvial na periferia do jardim (esquerda). Rain Gardens (direita).

Fonte: Robert Bray Associates.

A autarquia acompanha o funcionamento do sistema através de visitas regulares para a manutenção das diversas áreas plantadas/soluções e painéis informativos, que explicam o propósito e a funcionalidade destas materializações. Tudo isto permitiu que o projeto fosse distinguido com uma menção honrosa nos SuDS Awards 2020 (susDrain, 2020).

Relativamente aos projetos de referência, embora se apliquem a diferentes contextos territoriais, a diferentes escalas de intervenção e implementem soluções técnicas distintas, todos partilham um propósito comum: reduzir o risco de cheias através da qualificação do espaço público, restabelecendo a relação entre a paisagem urbana, os

sistemas naturais e o ciclo da água, enquanto melhoram a vivência quotidiana das pessoas que neles convivem e circulam.

A seleção destes casos não se baseia apenas na inovação técnica, mas também na forma como cada projeto articula o desempenho hidrológico, a linguagem paisagística e a apropriação social, mostrando que as infraestruturas podem ser, simultaneamente, eficientes e convidativas. Esta lista vai servir de inspiração para a solução de materialização, ajudando-a a situá-la numa discussão mais ampla sobre adaptação climática em ambientes urbanos.

2.2.2.1. Parque Gonçalo Ribeiro Telles, Lisboa

O Parque Gonçalo Ribeiro Telles, situado na Praça de Espanha, no coração de Lisboa, funcionou durante décadas como um nó viário intensamente artificializado, sendo uma das maiores áreas de inundações da cidade. Ocultava-se sob as suas vias e passeios o antigo ribeiro do Rego, que, historicamente, drenava as águas pluviais dos planaltos das Avenidas Novas em direção ao Vale de Alcântara (NPK, 2019).

Segundo cartografias históricas, toda a área deste espaço continha um ribeiro que o atravessava a céu aberto, estruturando a paisagem e sustentando um corredor ecológico de grande produtividade biológica. Ao longo do século XX, sucessivas intervenções viárias foram aterrando progressivamente esta depressão natural. (NPK, 2019).



Figura 20 Parque Gonçalo Ribeiro Telles.

Fonte: NPK, Arquitetos Paisagistas Associados.

O projeto de requalificação, concluído em 2021 pelo escritório NPK, Arquitetos Paisagistas Associados, partiu de uma premissa conceptual de devolver o caminho da água à superfície, não como reconstituição nostálgica de um passado perdido, mas como afirmação de um novo modelo de cidade, que se constrói em relação com a natureza e não em sobreposição. O conceito, designado precisamente por "O Caminho da Água", assume a renaturalização da linha de água como elemento estruturante de todo o desenho, no qual se organizam os restantes espaços e funções do parque.

O talvegue foi desenhado para acolher três cenários distintos, correspondentes a diferentes frequências e intensidades de precipitação. Na maior parte do ano, o talvegue permanece seco, mas húmido sob o coberto vegetal, sustentando uma galeria ripícola adaptada aos solos com elevada humidade edáfica. A rugosidade da vegetação, conjugada com a porosidade dos solos descompactados e o correto adoçamento dos taludes, traduz uma infiltração total da água precipitada, sem gerar escoamento superficial (NPK, 2019).

Em episódios pluviométricos intensos, a linha de água entra em funcionamento como sistema de escoamento superficial, mas de forma controlada e lenta. Ao longo do seu percurso, foram construídas oito pequenas presas de pedra seca de basalto que segmentam o talvegue funcionando como laminadores, desacelerando o movimento da água, aumentando o tempo de contacto com o solo e promovendo a infiltração (Figura 21). A água não escoar instantaneamente para jusante, demora horas a percorrer todo o talvegue, ganhando tempo para se infiltrar progressivamente. As quedas associadas a cada presa dissipam ainda a energia da água, evitando a erosão (NPK, 2019).

A inclinação de todo o percurso foi cuidadosamente calibrada para impedir o ganho de velocidade devido à ação da gravidade. O leito é pavimentado com blocos irregulares de basalto, cuja rugosidade adiciona uma resistência ao escoamento e contribui para a dissipação de energia. As margens são protegidas por muros baixos de basalto, que contêm os taludes laterais e evitam processos erosivos, enquanto, devido à sua porosidade, permitem a fusão parcial com todo o substrato envolvente (NPK, 2019).



Figura 21 Presa de desaceleração do talvegue; Grande Clareira; Lago permanente e bacia adjacente (esquerda para direita).

Fontes: Lisboa para Pessoas; Lisboa para Pessoas; NPK, Arquitetos Paisagistas Associados (esquerda para direita).

Em eventos extremos, quando a precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração e retenção nas pequenas presas, todo o talvegue entra em carga, ativando-se bacias de emergência adicionais, sendo uma delas o lago permanente e o grande relvado adjacente, que funcionam como bacia de inundação controlada (Figura 21). Toda esta estratégia foi dimensionada para eventos com período de retorno de 100 anos, garantindo que, mesmo nas situações mais extremas, o parque absorva, retenha e regule os caudais, evitando sobrecarregar a rede de drenagem municipal (NPK, 2019).

A Grande Clareira, um vasto relvado de aproximadamente 1,5 hectares situado no centro do parque, desempenha igualmente uma função hidrológica determinante. A sua morfologia em depressão, que já existia no terreno natural antes da artificialização viária, foi acentuada e calibrada para funcionar como bacia de retenção. Pode acumular cerca de 800 m³ de água até atingir a cota de descarga, quando transborda pela superfície diretamente para a linha de água (Figura 21) (NPK, 2019).

A materialização do parque privilegiou, sempre que possível, soluções que promovem a permeabilidade e a infiltração. O pavimento dominante é o betão poroso pigmentado com agregados de basalto, que cobre cerca de 55% da área total. A sua base de assentamento é igualmente porosa, garantindo a continuidade da percolação da água até ao solo natural (NPK, 2019).

Com os eventos pluviométricos intensos que foram vistos nestes últimos tempos, no início do ano de 2026, o Parque manteve-se como um espaço exemplar de que, quando a arquitetura paisagista é exercida com rigor técnico e ambição conceptual, ainda por

mais em zonas críticas da cidade, onde a água deixa de ser encarada como problema a afastar e passa a ser valorizada como elemento estruturante da paisagem.

2.2.2.2. Benthemplein Water Square, Roterdão

Roterdão é uma cidade que vive permanentemente sob ameaça da água. Situada em grande parte abaixo do nível do mar, onde enfrenta simultaneamente um risco dos três tipos de cheia: fluvial, marítima e pluvial. Com o aumento da impermeabilização urbana e a intensificação dos eventos pluviométricos extremos associados às alterações climáticas, o município desenvolveu, ao longo das últimas duas décadas, uma estratégia integrada de gestão da água urbana que inverteu radicalmente o paradigma convencional (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).

Em vez de aumentar indefinidamente a capacidade das redes subterrâneas de drenagem, investindo milhões de euros em infraestruturas enterradas que ninguém vê e que apenas funcionam ocasionalmente, Roterdão decidiu trazer a água de volta à superfície, transformando o problema numa oportunidade de qualificação do espaço público. O conceito de Water Square nasceu precisamente desta inversão de lógica em que o dinheiro é destinado ao armazenamento de água para criar, simultaneamente, um espaço de grande qualidade urbana e ambiental (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).

A Benthemplein, realizado pelo escritório De Urbanisten, inaugurada em 2013, já anteriormente referida, é um excelente caso para esta abordagem. Situado num bairro com uma grande densidade de pessoas no sul da cidade, este espaço, com 9.500 m², funciona 90% do ano como praça seca (Figura 22), utilizada por crianças e jovens para todo o tipo de socialização e lazer.

Nos restantes 10% do ano (Figura 22), quando ocorrem episódios de precipitação intensa, transforma-se num sistema de retenção temporária de água pluvial, capaz de armazenar até 1.800 m³ (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).



Figura 22 Praça a 90% do ano (cima). Praça a 10% do ano (baixo).

Fonte: De Urbanisten.

O desenho organiza-se a partir de três bacias em diferentes níveis, que vão sendo inundadas progressivamente à medida que a intensidade da chuva aumenta. Esta inundação não é abrupta nem perigosa, pelo contrário, é cuidadosamente materializada. Quando chove pouco, apenas a bacia inferior recebe água, formando pequenos charcos e poças, mas quando a precipitação intensifica, a segunda bacia começa a encher, criando um espelho de água com cerca de 30 cm. Em situações extremas, que ocorrem uma ou duas vezes por ano, a terceira bacia entra em funcionamento, e toda a praça se transforma num grande lago temporário, com profundidades que podem atingir os 1,20 metros (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).

A água que chega à praça provém de toda a área envolvente e é conduzida por uma rede separativa que recolhe exclusivamente a água pluvial limpa, garantindo que o espaço nunca receba água proveniente dos esgotos domésticos. No ponto de entrada da praça, a água passa por uma câmara subterrânea equipada com filtros que removem resíduos e sedimentos antes de atingir a superfície. Quando a chuva termina, a água acumulada drena lentamente para o canal adjacente, sendo controlada por válvulas que evitam sobrecarregar o sistema recetor. Em situações extremas, se o canal estiver cheio, a praça pode manter a água por um dia e meio, servindo como um reservatório de emergência (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).

Os muros que delimitam as bacias são, simultaneamente, bancos onde as pessoas se sentam. Os campos de basquetebol e as rampas de skate estão desenhados de modo a funcionar também como volumes de armazenamento. A materialização em betão poroso permite uma drenagem rápida após os eventos de chuva, garantindo que o

espaço volte a estar disponível para uso num curto período, para o usufruto da população (Boer, F., Jorritsma, J. & van Peijpe, D., 2010).

O que torna esta praça particularmente relevante não é apenas a sua eficácia, mas também a forma como integra toda essa função numa experiência para toda a comunidade.

2.2.2.3. Sankt Kjelds Plads, Copenhagen

O projeto Sankt Kjelds Plads em Copenhagen trata-se do ponto de partida para uma requalificação de um grande entroncamento rodoviário numa zona vulnerável a episódios pluviométricos intensos, sobrecarregando os sistemas tradicionais de drenagem.

O projeto, desenvolvido pelo escritório SLA no âmbito da estratégia municipal de mitigação dos impactos das cheias e de melhoria da qualidade de vida no Klimakvarter, parte da ideia de substituir parte significativa dos grandes sistemas tradicionais por uma nova reorganização do espaço, incluindo a biodiversidade como elemento estruturante, na qual o projeto é capaz de gerir a água à superfície, reduzir o efeito de ilha de calor e aumentar a biodiversidade no bairro (SLA, 2019).

Uma das operações estruturantes do projeto foi a remoção de cerca de 9000 m² de asfalto e a sua substituição por um mosaico de vegetação muito densa. Essa transformação permitiu redesenhar o nó viário original, estreitando as faixas de rodagem e liberando espaço para áreas verdes, nas quais os caminhos pedonais, as clareiras, os bancos e os troncos caídos convidam à permanência e ao uso cotidiano do espaço (SLA, 2019).

Ao mesmo tempo, as novas superfícies plantadas funcionam como soluções de biorretenção interligadas, em depressões e valas, recebendo, armazenando e infiltrando cerca de 30% da água da chuva antes que esta atinja o sistema tradicional de drenagem (Figura 23) (SLA, 2019).



Figura 23 Soluções de biorretenção: Depressão (esquerda) e vala (direita).

Fonte: SLA.

O projeto recorre a um método que permite separar o primeiro escoamento, mais poluído, proveniente das faixas de rodagem, encaminhando-o para os sumidouros, enquanto o escoamento excedente e mais limpo é desviado para a infiltração no solo orgânico. Desta forma, toda esta infraestrutura verde funciona não só como um espaço de retenção e de atraso dos caudais, mas também como um filtro biológico, contribuindo para a melhoria da qualidade da água (SLA, 2019).

O projeto é referido como um espaço-esponja, neste caso, uma rua-esponja, capaz de demonstrar que uma pequena intervenção numa zona vulnerável e com elevada densidade impermeabilizada pode influenciar drasticamente a função e a funcionalidade do espaço (SLA, 2019).

3. Contextualização da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odivelas

A compreensão da evolução histórica do sistema de drenagem metropolitano de Lisboa permite enquadrar o problema da água no meio urbano não apenas numa dimensão técnica, mas também numa dimensão cultural e política. Não é possível propor soluções de drenagem sustentável sem compreender os processos que conduziram à situação atual e, sobretudo, sem reconhecer que não há necessidade de adotar tais soluções em áreas que não necessitam desse tipo de intervenção.

A AML possui uma configuração geomorfológica que converge para o estuário do Tejo e é composta por várias bacias hidrográficas que, historicamente, atuavam como sistemas de drenagem únicos. Os talwegues são fundamentais na regulação do ciclo da água, contribuindo para a infiltração, o armazenamento temporário e o escoamento gradual da água da chuva.

No entanto, tal como referido em DGRN (1989), as pequenas bacias hidrográficas que drenam a Região de Lisboa possuem tempos de concentração e de resposta muito reduzidos e, quando atingidas por quedas pluviométricas muito intensas, originam cheias rápidas que, para além de provocarem grandes prejuízos materiais, revelam-se mortíferas nas situações mais graves.

Esta investigação toma então o rumo de analisar uma dessas bacias, a bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas (Figura 24). A escolha deste local não é arbitrária, mas sim resulta da convergência entre a elevada vulnerabilidade territorial, a posição estratégica no sistema de drenagem da bacia e a existência de espaço público com potencial para a qualificação e a reconfiguração hídrica da área urbana envolvente.



Figura 24 Localização da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas no contexto da AML.

Fonte: Própria.

Esta área da Grande Lisboa, devido à sua localização geográfica, esteve sempre sujeita a cheias. Este é um fenómeno natural, resultante de uma série de fatores de natureza biogeofísica, que tem sido intensificado por razões humanas, derivadas de uma ocupação desordenada do território, o que levou à destruição da correta compartimentação da paisagem (DGRN, 1989).

Odivelas é um território que tem sustentado inúmeras investigações sobre o controlo de cheias e que, principalmente devido aos episódios históricos das cheias destrutivas de 1967 e 1983. Estas ocorrências revelam, de forma clara, a relação entre as cheias e as opções de urbanização no interior de grande parte das pequenas bacias hidrográficas da região norte da AML, na qual esta investigação parte de uma dessas bacias, a da Ribeira de Odivelas, como caso paradigmático dessa tensão.

As lições extraídas no contexto da ribeira de Odivelas, poderão ser transpostas com as devidas adaptações para outros sistemas urbanos de pequena e média escala da AML que partilham dinâmicas semelhantes de urbanização intensa, impermeabilização e exposição a cheias rápidas (DGRN, 1989).

A análise exposta ao longo deste capítulo, permitirá identificar as áreas mais vulneráveis aos eventos de cheia, e caracterizar uma área específica para materializar soluções de drenagem sustentável, como formulado nas questões de investigação.

3.1. Enquadramento

A bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas localiza-se no concelho de Odivelas, na margem norte do estuário do Tejo, integrando o sistema hidrográfico como afluente do Rio da Costa e, numa escala mais ampla, a bacia do rio Trancão (Figura 25). Trata-se de um concelho contíguo a Lisboa, Loures, Amadora e Sintra, elevado a cidade em 1990, com expansão intensa ao longo da segunda metade do século XX e até ao presente (Figura 26).

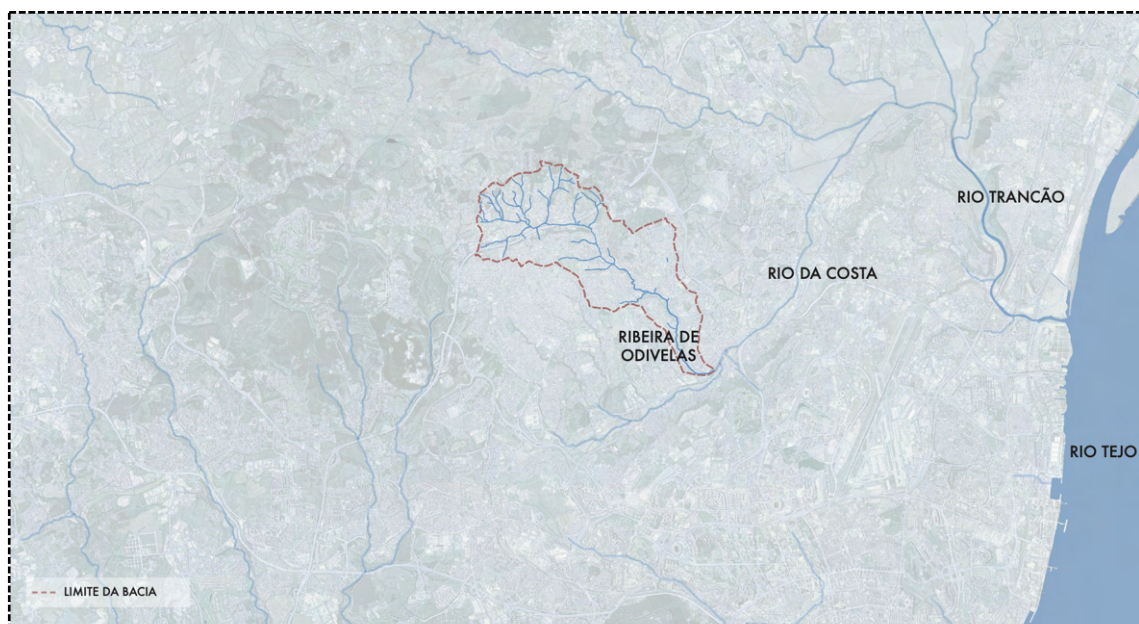


Figura 25 Localização da bacia hidrográfica em relação ao seu sistema hidrológico.

Fonte: Própria.

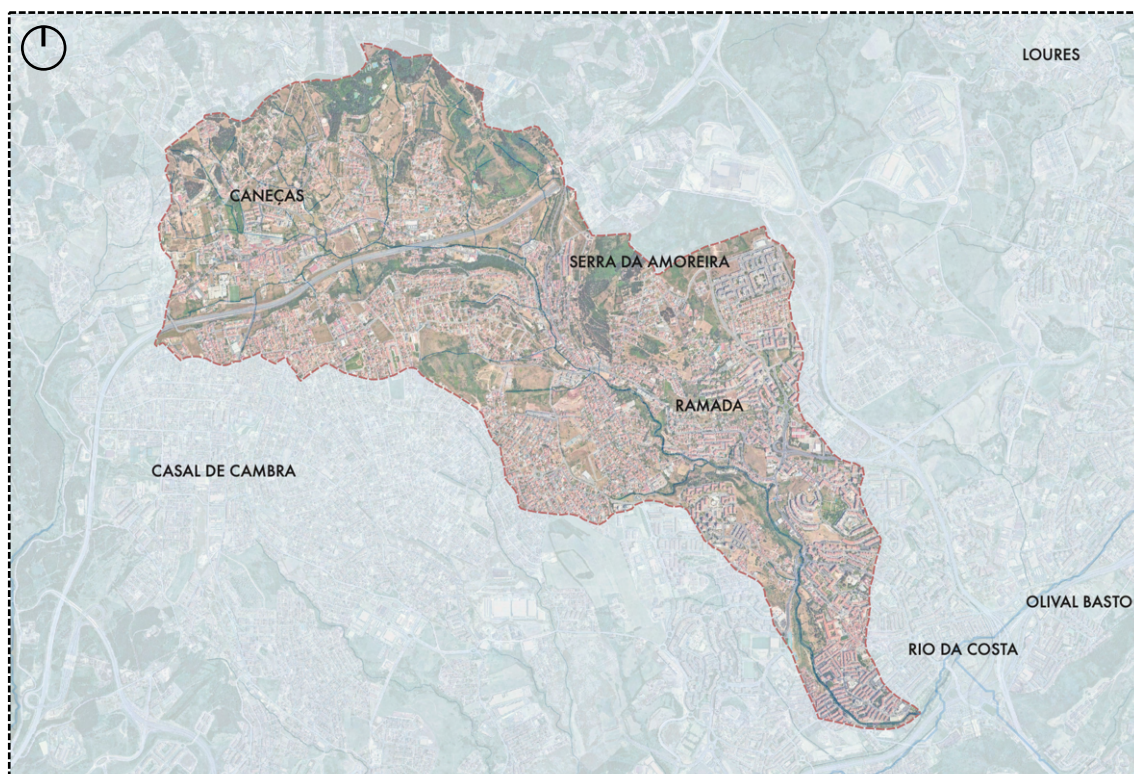


Figura 26 Localização da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas e a sua periferia.

Fonte: Própria.

Esta zona foi uma das mais afetadas por todos os grandes episódios de cheia nas últimas décadas, nomeadamente a de 1967, com elevados prejuízos materiais e humanos, devido ao transbordo da ribeira na zona baixa dessa paisagem, onde se concentravam vários bairros de génese ilegal.

Esta bacia apresenta uma área relativamente pequena, com 8,97 km² na delimitação local utilizada no planeamento municipal, ainda que o estudo hidrológico regional lhe atribua cerca de 36,6 km² quando se considera toda a sua sub-bacia contributiva até ao Trancão e 25,33 km² quando se considera o talvegue do rio da Costa desde a sua nascente. A dimensão a ser utilizada ao longo desta investigação será a fornecida pela Câmara Municipal de Odivelas: 8,97 km².

Em qualquer dos referenciais, a bacia apresenta níveis bastante elevados de impermeabilização, forte pressão edificada, ocupação em zonas de vale, artificialização dos talvegues e a fragmentação da sua estrutura ecológica. A maior parte do escoamento superficial resulta diretamente da queda pluviométrica, que escoar a jusante uma vez que as cabeceiras dos talvegues se encontram, em grande medida, dentro do

próprio concelho. Esta configuração, associada à sua dimensão reduzida e à morfologia acentuada em algumas zonas, contribui para uma resposta problemática do ciclo da água, com elevada suscetibilidade a eventos extremos.

3.2. Caracterização Biofísica e Antrópica

A bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas apresenta um conjunto de características biofísicas que, em articulação, explicam a sua elevada sensibilidade a cheias rápidas e contribuem para identificar os setores mais propícios ao risco de inundação.

A cabeceira da Ribeira de Odivelas situa-se a montante da região de Caneças, prosseguindo até Odivelas, até atingir a base da frente costeira, conhecida como Costa da Luz, barreira física que separa as cidades de Lisboa e Odivelas. Nesse fundo de vale, preenchido por uma grande extensão de aluviões, recebe o seu principal afluente, o Rio da Costa. Em Borges et al. (2007), foi realizada uma análise quantitativa das componentes físicas desta bacia hidrográfica, na qual se mostra claramente que estas favorecem a ocorrência de cheias rápidas. Neste estudo, a análise da bacia da Ribeira de Odivelas assume um tamanho relativamente maior do que o aqui analisado, uma vez que foi considerada, na totalidade, a extensão do Rio da Costa até à sua nascente na zona da Amadora, tomando, assim, a área desta bacia como 25 km², quando, nesta investigação, apenas estão a ser contabilizados 8,97 km².

Através da Carta Geológica de Portugal, podemos ler que o substrato geológico é dominado por formações pouco permeáveis, entre as quais se destacam o Complexo Vulcânico de Lisboa e o Complexo de Benfica, constituídos, maioritariamente por formações lávicas basálticas e por materiais detríticos. Há apenas exceções relativamente ao nível de permeabilidade, em zonas de calcários e aluviões, mais junto dos talvegues, que, por ocuparem afloramentos muito estreitos e alongados, têm pouca influência no funcionamento hidrológico da bacia.

A maior parte dos solos da bacia pertence, assim, ao tipo hidrológico D (classificação do Soil Conservation Service), caracterizando-se por solos argilosos, solos com substratos impermeáveis a pouca profundidade e aluvissolos, ou seja, maioritariamente solos de elevado potencial de escoamento superficial, por apresentarem capacidade de infiltração muito baixa (Borges et al., 2007).

A partir das cartografias fornecida pela Câmara Municipal de Odivelas, procedeu-se à medição e à análise dos diferentes fatores biofísicos e antrópicos da bacia hidrográfica.

Morfologicamente (Figura 27), a bacia apresenta um carácter médio acidentado, com a maior parte das inclinações na ordem de 5% a 25%, das quais 35% situam-se entre 5% e 15%. Declives superiores a 25% ocorrem em apenas 5% da bacia. Numa visão geral, assume-se que não é tão acidentado, mas, quando estes valores já são visíveis em áreas muito densas e não por toda a bacia, permitem revelar uma fraqueza na distribuição de inclinações por toda a bacia, estando estas pendentes mais acentuadas concentradas nas encostas encaixadas das cabeceiras, onde o escoamento superficial se acelera antes de atingir o fundo do vale.

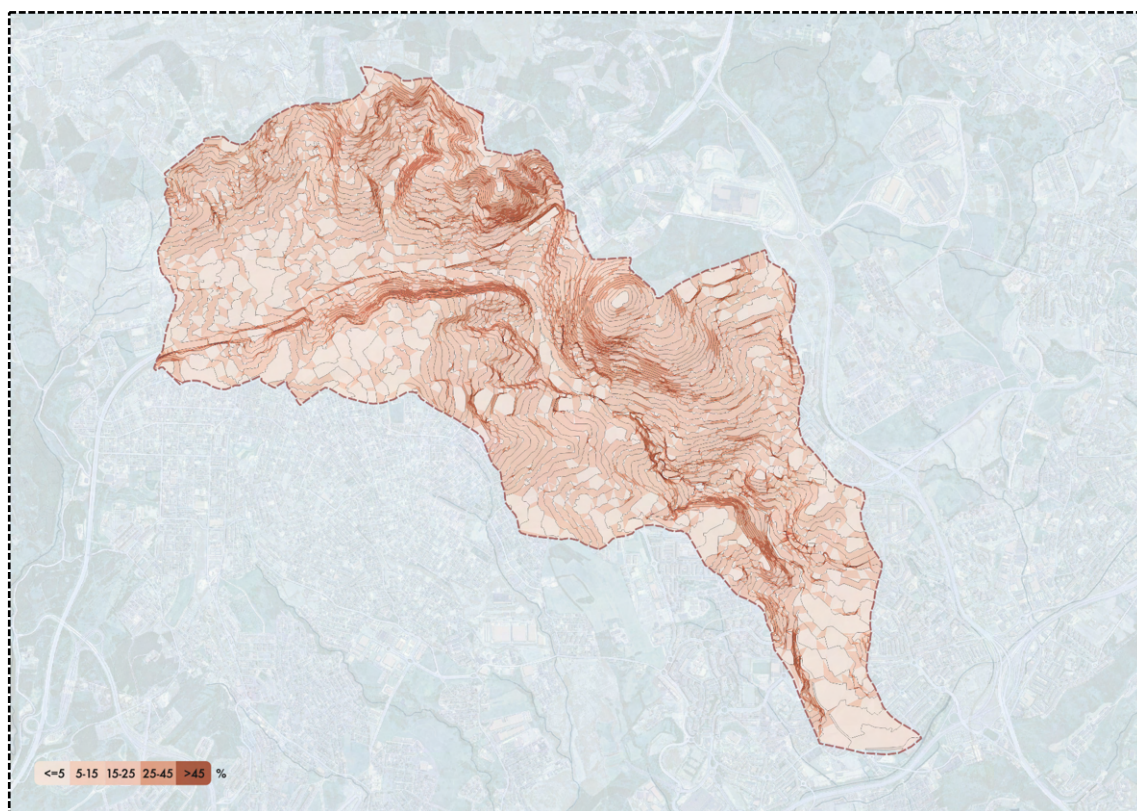


Figura 27 Cartografia dos declives.

Fonte: Própria.

A sua hipsometria (Figura 28) varia entre os 20 e os 345 metros, com os valores mais baixos a sul, junto da foz da Ribeira de Odivelas, cujo escoamento é diretamente para o rio da Costa, e os mais altos a norte e nordeste, nas cabeceiras junto da zona de Caneças e da Serra da Amoreira. De acordo com Borges et al. (2007), há uma grande influência sobre o nível de inclinação dos talvegues e sobre a velocidade do

escoamento, o que resulta no troço principal da ribeira atingir uma velocidade de 28,6 m/km. Maioritariamente, a bacia situa-se entre 100 e 200 metros de altitude, o que evidencia uma espécie de planície, com uma descida brusca para a zona mais baixa e plana da várzea e uma subida igualmente brusca para as zonas mais altas. A água acaba por ser influenciada desta maneira, criando zonas de reservatório nas áreas mais planas, onde depois segue para as zonas mais baixas, a montante.

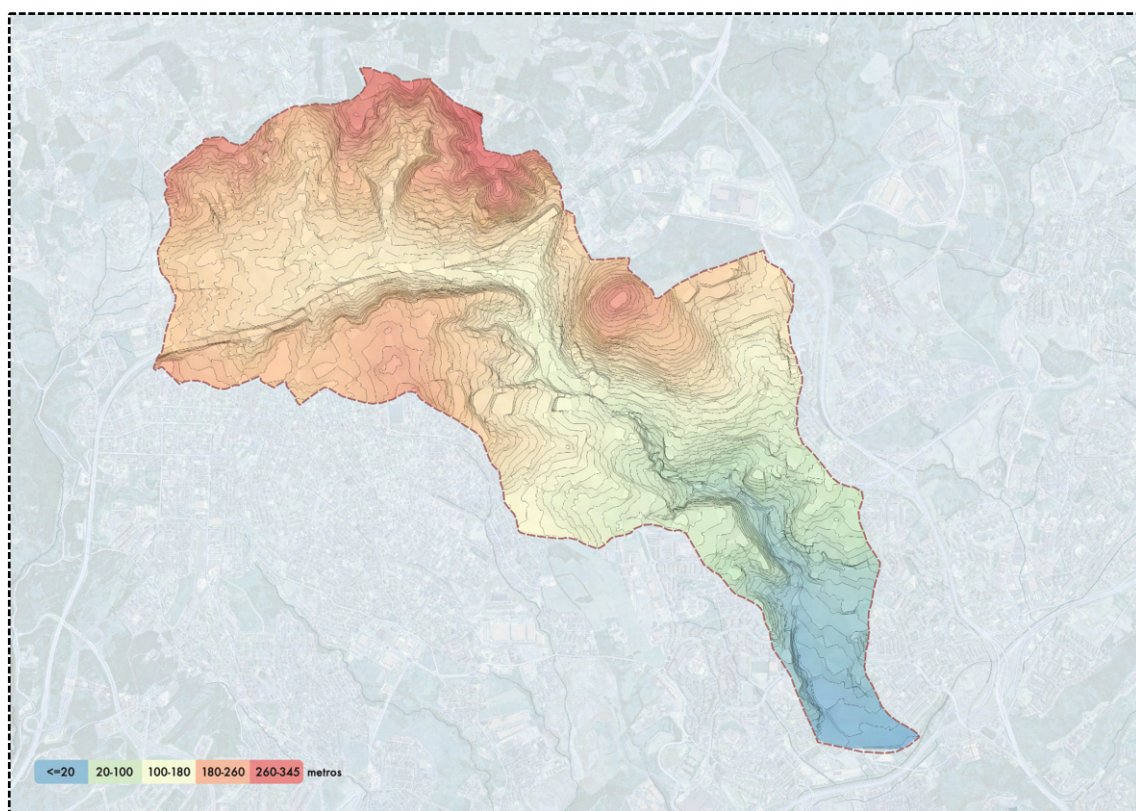


Figura 28 Cartografia da hipsometria.

Fonte: Própria.

A exposição solar (Figura 29) acrescenta uma dimensão microclimática e ecológica que influencia a humidade do solo, toda a cobertura vegetal e, indiretamente, o comportamento do escoamento. As vertentes orientadas a sudeste, sul e este representam, em conjunto, cerca de 60% da área da bacia, o que se traduz numa maior duração de insolação, temperaturas médias mais elevadas e tendência a tempos de secura mais longos. O clima local é mediterrânico, com invernos suaves e chuvosos e verões quentes e secos, e é ainda condicionado pela sua morfologia natural.

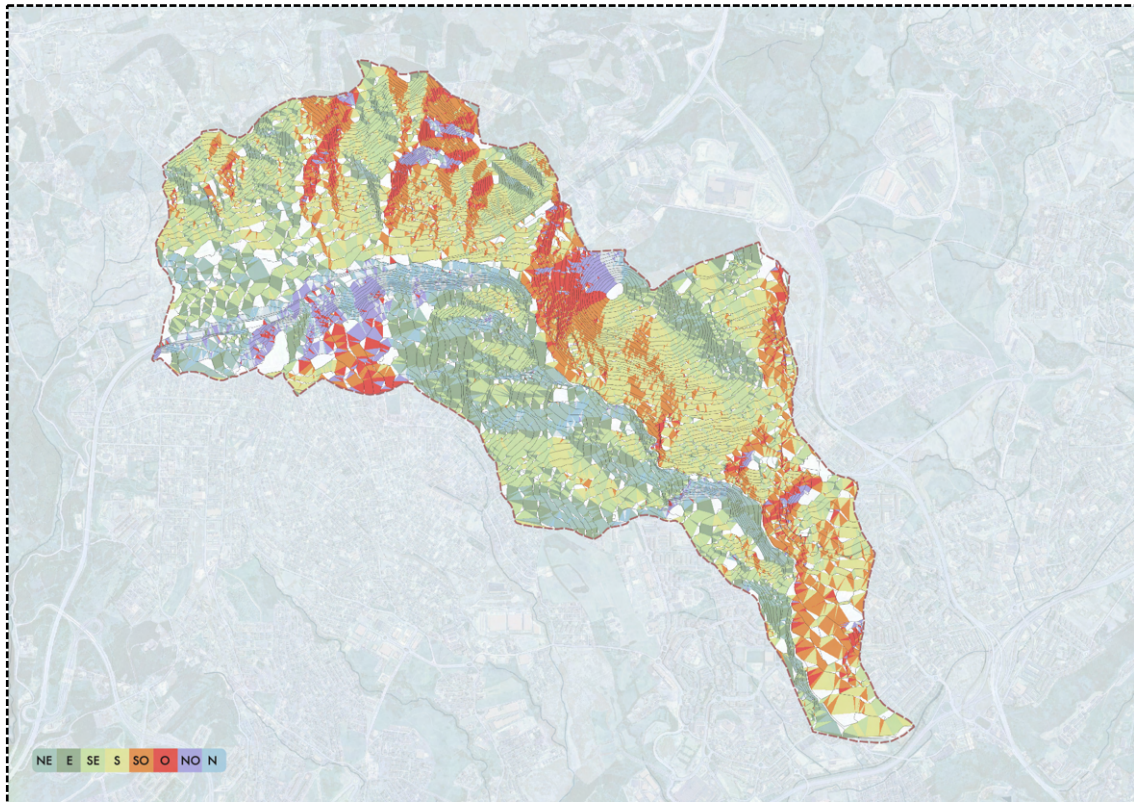


Figura 29 Cartografia da exposição solar.

Fonte: Própria.

Efetivamente, a bacia apresenta um sistema hidrológico (Figura 30) bem drenado, com cerca de 38 talwegues, o que indica uma densidade hídrica de 4 talwegues por km^2 . É uma bacia consideravelmente ramificada, com uma diversidade de pequenos talwegues que convergem para o curso principal, a Ribeira de Odivelas. Relativamente à densidade de drenagem da bacia, o comprimento total de talwegues é de 24 km^2 , o que permite estimar a densidade em $2,7 \text{ km/km}^2$. Estes valores exemplificam que, apesar de existir uma grande quantidade de locais morfologicamente propícios à drenagem da água, esta acaba também por diluir-se numa maior concentração de água para o escoamento direto, que ocorre de forma rápida devido à sua morfologia e à capacidade do solo.

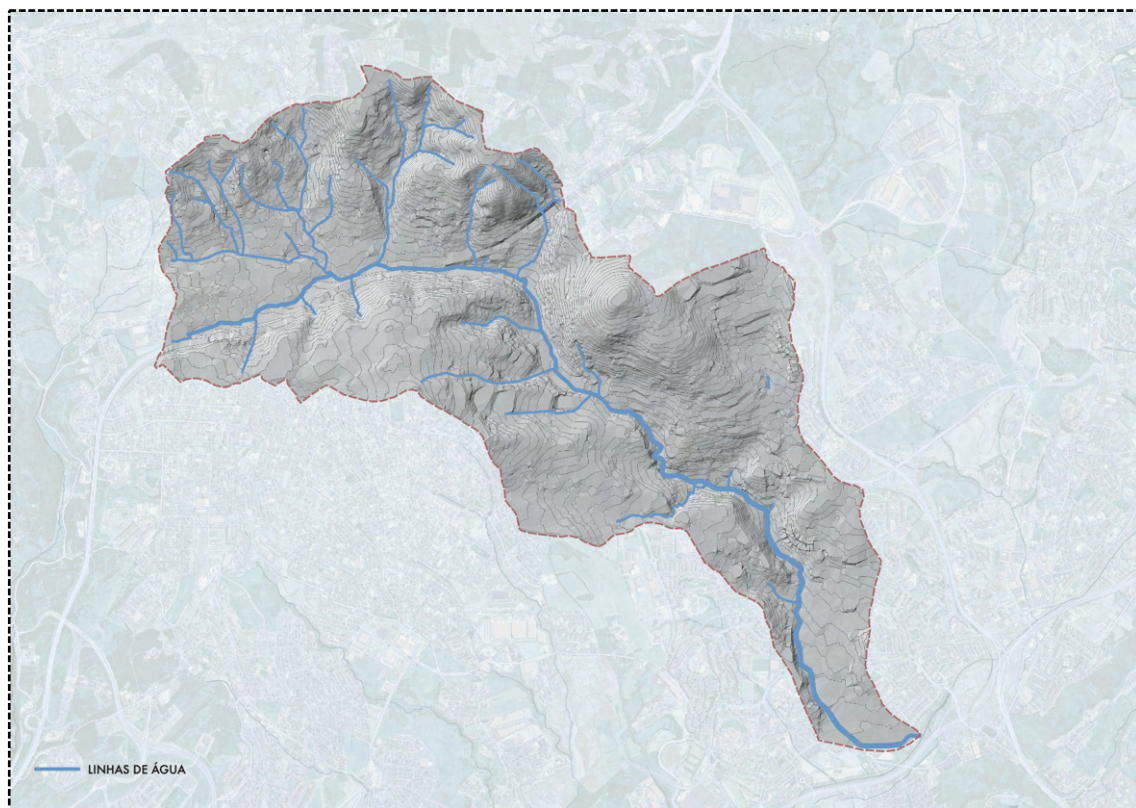


Figura 30 Cartografia da hidrografia.

Fonte: Própria.

De acordo com dados do IPMA de 1991 a 2020, os episódios pluviométricos desta zona da Grande Lisboa mostram valores médios mensais máximos em novembro, na ordem de 100 – 110 mm, e mínimos em julho e agosto, de apenas alguns milímetros, com a maior percentagem pluviométrica concentrada entre outubro e março, o que evidencia uma sazonalidade forte, associada a episódios pluviométricos intensos num curto intervalo de tempo.

A pequena área da bacia e a inclinação do seu curso principal são responsáveis pelos tempos de concentração e de resposta reduzidos, como referem Borges et al. (2007): 2 h 54 min e 1 h 44 min, respetivamente. Relativamente à área de bacia trabalhada, foi então aplicada a fórmula de Témez para calcular o tempo de concentração, em que:

$t_c = 1,115 \times L^{0,95} / \Delta H^{0,19}$, a cota máxima ($H_{\max}$) = 344 metros, a cota mínima ($H_{\min}$) = 21 metros e L (comprimento do curso principal) = 8,125 km.

$L^{0,95} = 8,125^{0,95} = 7,32$; $\Delta H^{0,19} = 323^{0,19} = 2,49$, o que fica:

$t_c = 1,115 \times 2,497,32 (=) 1,115 \times 2,94 = 3,28 = 3 \text{ horas e } 17 \text{ minutos.}$

Este valor corresponde a um tempo de concentração idêntico ao do estudo analisado, o que, em caso de cheia, dificulta o alerta por parte dos agentes de proteção civil, elevando o grau de perigosidade do fenómeno (Borges et al., 2007).

Para além das suas condições físicas, as condições antrópicas exercem também uma grande influência na relação hidrológica da paisagem, afetando a capacidade de armazenamento de água. O uso do solo é relativamente preocupante porque, ao se observar o uso do solo no século XX e atualmente, houve uma alteração significativa, evidenciando esse paradigma. Para além de todo o abandono dos terrenos agrícolas e florestais, a expansão urbana cresceu de tal forma, também devido à localização desta cidade na periferia de uma das maiores potências da Europa.

O processo de urbanização da margem norte da AML, principalmente nesta zona e na envolvente (Odivelas, Ramada, Caneças, Pontinha e Póvoa de Santo Adrião), tem vindo a efetuar-se de forma extremamente rápida, com taxas anuais de crescimento da população residente, por vezes superiores a 10%, tendo, por exemplo, a população da periferia urbana praticamente duplicado entre 1960 e 1980. (DGRN, 1989). “O declínio acentuado da atividade agrícola em parte significativa da área suburbana (decréscimo das produções e da população ativa) explica, em boa parte, a facilidade com que os solos agrícolas têm vindo a ser urbanizados, bem como a existência de categorias socioprofissionais ligadas à agricultura. Na verdade, mesmo contando com os agricultores a tempo parcial, a mão de obra não deve ultrapassar os 3% da população ativa respetiva” (DGRN, 1989, p. 13).

A análise da Carta de Ocupação do Solo (COS) permite quantificar a pressão exercida sobre os sistemas hidrológicos naturais. Foram usadas como referência as COS de 1995 e de 2023 (Figura 31), o que evidencia uma evolução notória no tipo de ocupação desta paisagem, com o território artificializado expandindo-se para grande parte da bacia, estimando-se cerca de 653 ha, o que corresponde a aproximadamente 73% da área total da bacia delimitada, sendo o restante ocupado por áreas permeáveis/semipermeáveis. Claro que, ao considerar todo o território impermeabilizado, é feita uma análise sem delimitar todos os espaços verdes, como pequenos jardins, canteiros e caldeiras de árvores, mas o facto de o território artificializado em si já constituir um valor numérico tão elevado é, por si só, um sinal preocupante.

A leitura espacial também evidencia uma forte impermeabilização em toda a envolvente da ribeira. Apesar de efetivamente existirem espaços verdes ao longo de todo o curso principal, todo o sistema húmido está consideravelmente impermeabilizado. Com a análise da Estrutura Ecológica Municipal (EEM), já é possível considerar melhor a estrutura verde presente nesta bacia.



Figura 31 COS 1995 (esquerda); COS 2023 (direita).

Fonte: Própria.

O PDM define o modelo territorial municipal, articulando o solo urbano, o solo rural e a EEM como suporte às funções ambientais, à regulação hidrológica e à prevenção de riscos naturais. Na planta de ordenamento, todo o vale é predominantemente composto por solo urbano consolidado, mas é delimitado por categorias específicas de solo rural de proteção, por espaços naturais e por espaços verdes. A planta de ordenamento representa o vale da Ribeira de Odivelas como um corredor estruturante, ligando as cabeceiras de Caneças a jusante até à zona densamente urbanizada de Odivelas e desta ao Rio da Costa e a todo o sistema metropolitano envolvente. O regulamento do PDM estabelece que a EEM deve ser objeto de um instrumento de gestão municipal de carácter executivo, que, para esta bacia, implicará a definição de tipologias de margens, restrições à impermeabilização e prioridades de renaturalização e de criação de bacias de retenção.

Estabelece-se também que todas as áreas delimitadas são interditas a novas construções que agravem o risco de cheia, ficando condicionadas a todo o tipo de ações que possam reduzir a capacidade de escoamento ou agravar a instabilidade dos taludes (PDM Odivelas, 2024).

Foi composta uma espacialização de toda a EEM como um conjunto, para definir uma visão e não um estudo caracterizado. A análise mostra que a EEM ocupa cerca de 41% da área (Figura 32), o que corresponde a quase todo o restante do território artificializado previamente observado no cartograma de Ocupação do Solo. Aqui já há uma contabilização mais rigorosa, que define espaços verdes complementares.

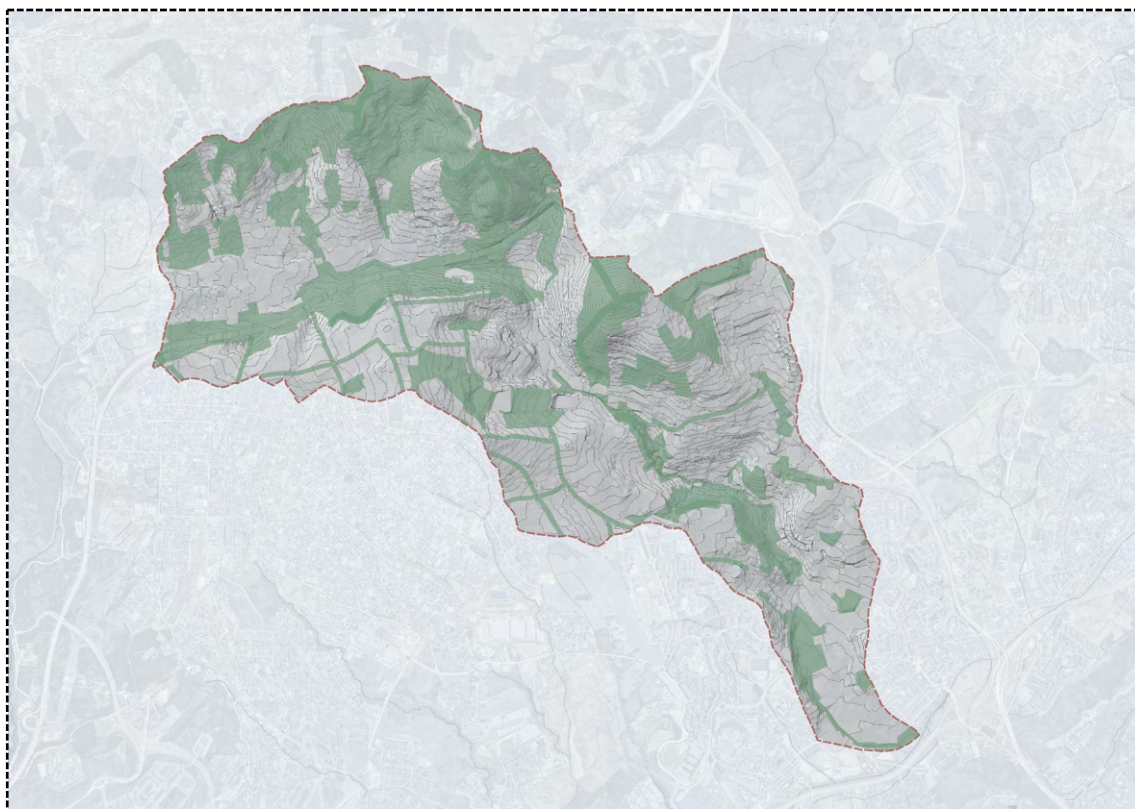


Figura 32 Cartografia da EEM.

Fontes: Própria.

O PDM de Odivelas é complementado por instrumentos estratégicos recentes, como o Plano de Ação Climática (2024), que identifica as cheias e inundações, a instabilidade de vertentes e a erosão hídrica como os principais riscos naturais do concelho. O PAC Odivelas (2024) destaca explicitamente as cheias rápidas e as inundações urbanas associadas à Ribeira de Odivelas como um dos principais desafios de adaptação às alterações climáticas. O PDM integra uma planta específica de áreas sujeitas à prevenção de riscos, que é formalmente um extrato da planta de ordenamento e representa, entre outros, as zonas ameaçadas pelas cheias, as zonas inundáveis e os pontos críticos de inundações urbanas (ver Anexo 1).

A Autoridade Nacional de Proteção Civil, em parecer sobre o PDM, recomenda, aliás, que a gravidade do risco de cheias seja qualificada como acentuada e a probabilidade de ocorrência como média-alta, atendendo à frequência anual de inundações urbanas e à periodicidade de cheias rápidas, com períodos de retorno de 10-15 anos, no território de Odivelas (PAC Odivelas, 2024).

3.3. Perigosidade e Vulnerabilidade Territorial

Ao olharmos para as componentes morfológicas da bacia, é extremamente evidente perceber e entender o porquê da definição das áreas no PDM como de risco de inundação. A zona da várzea situa-se num vale encaixado da Serra da Amoreira, o que facilita a concentração e a subida das águas pluviais. Esta característica é ainda agravada pela fraca permeabilidade geológica e pela forte impermeabilização antrópica. Para entender um pouco mais sobre a vulnerabilidade destas áreas, foram analisados um estudo e uma base de dados de ocorrência de cheias. Apesar da presente cartografia de risco elaborada pelo PDM, não nos é possível identificar os locais exatos onde grandes cheias tenham ocorrido.

Foi então analisada a base DISASTER, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), que permitiu obter essas informações. Entre 1865 e 2010, foram registadas 31 ocorrências de cheias/inundações, 96 mortos, 369 evacuados e 1.057 desalojados. O concelho de Odivelas totalizou, assim, 1,9% do conjunto de cheias/inundações com efeitos desoladores, registadas em Portugal Continental, ocupando o 9.º lugar no ranking nacional (DISASTER, 2012). Isto mostra a vulnerabilidade e a sensibilidade de toda esta área, em comparação com a totalidade dos concelhos do país (308). Estes dados são consolidados para todo o concelho, no qual a bacia hidrográfica da ribeira de Odivelas registou apenas 5 casos, dos quais 3 na zona da várzea (Figura 33).

É relevante identificar que estas ocorrências analisadas na base de dados caracterizam inundações de escala média-grande, pelo que pequenas inundações que corroem o sistema de drenagem tradicional estão sempre a acontecer, bastando uma queda pluviométrica muito concentrada.

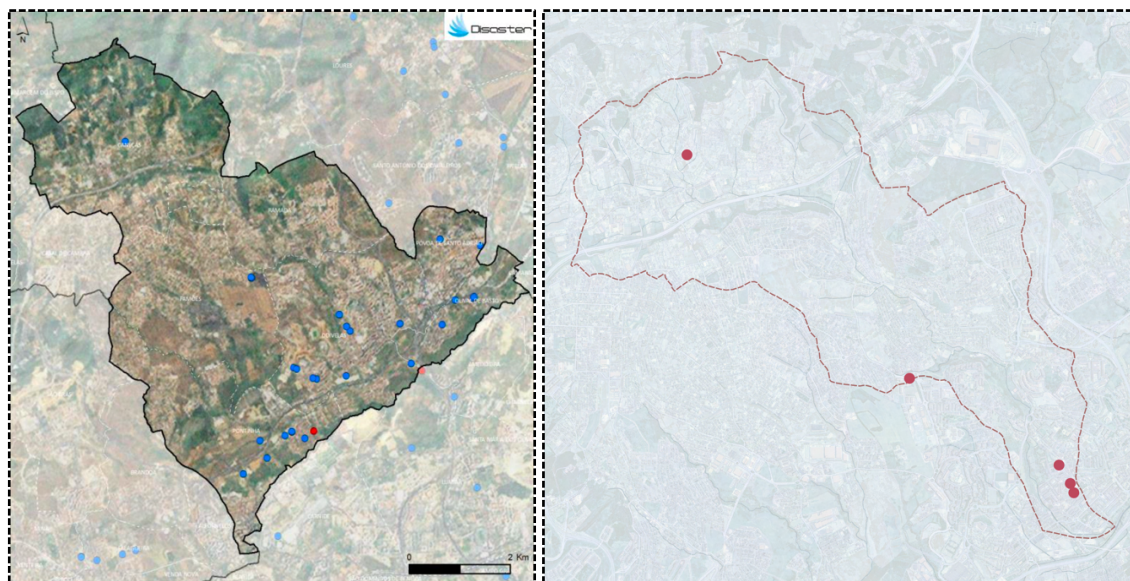


Figura 33 Cartografia de ocorrências de cheias no município de Odivelas (esquerda); Ocorrências de cheias na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas (direita).

Fontes: DISASTER (esquerda); Própria (direita).

O estudo analisado, para consolidar ainda mais a necessidade de envolvimento nesta área, foi realizado por Borges et al. (2007), onde foi elaborada uma análise de perigosidade e de vulnerabilidade às cheias, resultando num mapa de risco potencial (Figura 34).

Para a definição de perigosidade (probabilidade de ocorrência de cheias num determinado período de tempo e numa dada área), foram delimitadas as áreas de leito de cheias com diferentes probabilidades de serem inundadas, pelo que se classificou como: 1.^a (perigosidade baixa), as que se encontram em concordância com as aluviões e que constituem as ocupadas pela cheia máxima provável; 2.^a (perigosidade média), as que foram inundadas uma a duas vezes nos últimos 50 anos; e 3.^a (perigosidade elevada), as correspondentes às áreas de inundação frequente, por serem as mais deprimidas dos fundos de vale e de confluência de coletores principais. A cada uma das classes foi atribuído um valor de 1 (perigo baixo) a 3 (perigo elevado) (Borges et al., 2007).

Para determinar a vulnerabilidade (grau de perda de pessoas, animais, propriedades e atividades económicas, em resultado da ocorrência de cheias de determinada magnitude), delimitaram-se, nas áreas inundadas, as áreas residenciais, industriais e agrícolas, em atividade e sem atividade, os terrenos incultos e os vazios urbanos, que

correspondem a áreas sem utilização específica. O critério consistiu na atribuição de valores de vulnerabilidade potencial a essas áreas (de 1 a 3, uma vez que não se dispunha de valores monetários do grau de perda), tendo em conta a componente humana e os bens expostos às cheias, com os valores variando conforme a concentração humana e a perda potencial de bens. Consideraram-se três classes de vulnerabilidade: 1.^a (vulnerabilidade baixa): áreas de atividade agrícola abandonada, terrenos incultos e “vazios urbanos”; 2.^a (vulnerabilidade média): áreas agrícolas e jardins; 3.^a (vulnerabilidade elevada): áreas residenciais, comerciais e industriais. A cada classe foi atribuído um valor: de 1 (vulnerabilidade baixa) a 3 (vulnerabilidade elevada) (Borges et al., 2007).

O risco potencial resultou da combinação das informações contidas nos mapas de perigosidade e de vulnerabilidade ($R_p = P \times V$), o que resultou numa escala que varia de 1 (risco mínimo) a 9 (risco máximo). Essa escala foi dividida, para efeitos cartográficos, em cinco classes de risco potencial: 1.^a (risco muito baixo), correspondente a áreas de perigosidade baixa e vulnerabilidade baixa e média, ou áreas de perigosidade média e vulnerabilidade baixa; 2.^a (risco baixo), áreas de perigosidade elevada mas de vulnerabilidade baixa ou de vulnerabilidade elevada e perigosidade baixa; 3.^a (risco médio), áreas de perigosidade e vulnerabilidade médias; 4.^a (risco elevado), áreas de perigosidade elevada e vulnerabilidade média ou áreas de perigosidade média e vulnerabilidade elevada; 5.^a (risco muito elevado), correspondente a áreas de perigosidade e vulnerabilidade elevadas (Borges et al., 2007).

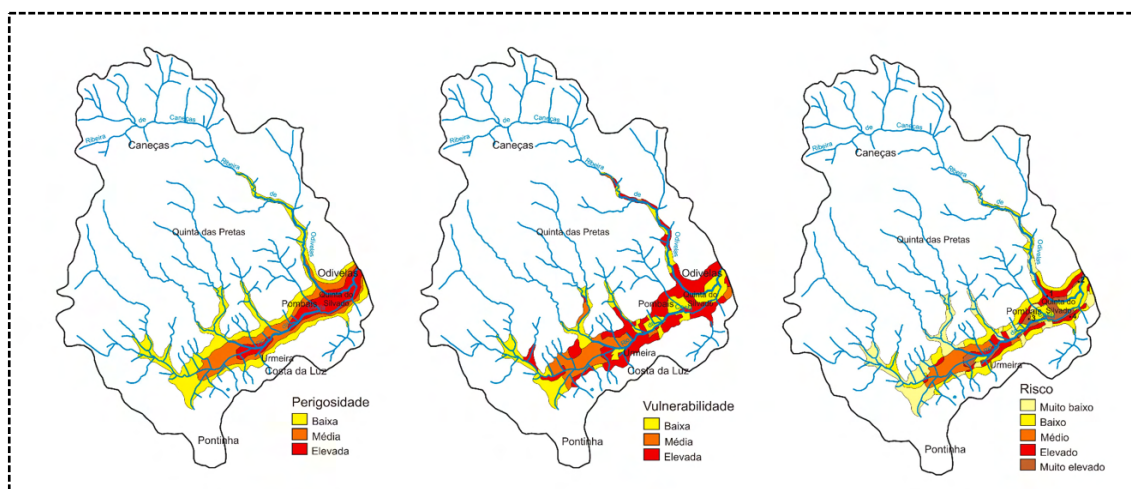


Figura 34 Cartografias de perigosidade, vulnerabilidade e risco potencial, na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas, delimitada no estudo de Borges et al. (2007).

Fonte: Borges et al., 2007.

Com esta análise, verifica-se que, apesar do PDM já fornecer uma cartografia de risco de inundação, um exercício científico mais detalhado, neste caso, integrando de forma sistemática e aprofundada os fatores biofísicos e antrópicos que sustentam esse risco, pode fornecer ainda mais dados para essa caracterização.

O estudo assenta, mais uma vez, na lógica de que é fundamental não apenas avaliar o risco potencial de cheias, mas também ordenar o território de forma a minimizá-lo e reconhecer que as dinâmicas de uso e ocupação do solo podem alterar, de forma rápida e significativa, o grau de risco associado às cheias. (Borges et al., 2007).

Adaptado à área da bacia hidrográfica em que se baseia este trabalho, evidencia-se uma melhor compreensão da escala (Figura 35). Foram então convergidas as representações cartográficas para delimitar a zona mais sensível desta paisagem. O que saltou à vista, novamente, foi o quão vulnerável é a zona da várzea, levando, assim, ao discurso sobre a necessidade de intervir de forma seletiva e assertiva.

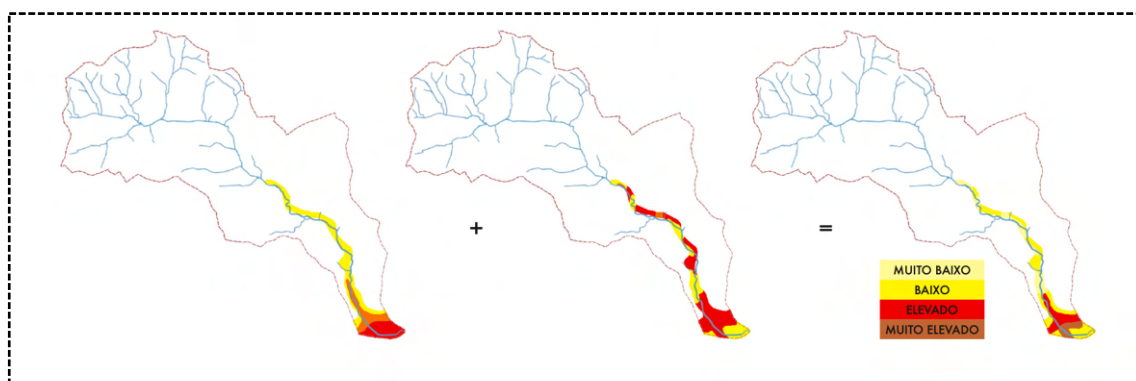


Figura 35 Cartografias de perigosidade, vulnerabilidade e risco potencial, na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas.

Fonte: Própria.

A EEM carece de espaço nesta área mais baixa da bacia, limitando-se a aproveitar o elemento estrutural – o rastro da Ribeira de Odivelas – como principal configuração e o seu buffer legal, muito limitado. Evidencia-se a forte presença do sistema húmido nesta zona de várzea (Figura 36), pertencente ao sistema dos dois grandes talvegues, tanto da ribeira de Odivelas como do rio da Costa, o que assinala a sua configuração vulnerável. Ao integrar toda a informação recolhida com bases de dados, estudos e cartografias disponíveis, é possível levar o discurso à materialização de soluções, de modo a tornar esta zona mais sustentável e capacitada para resolver determinados problemas de drenagem excedentes (Figura 36).

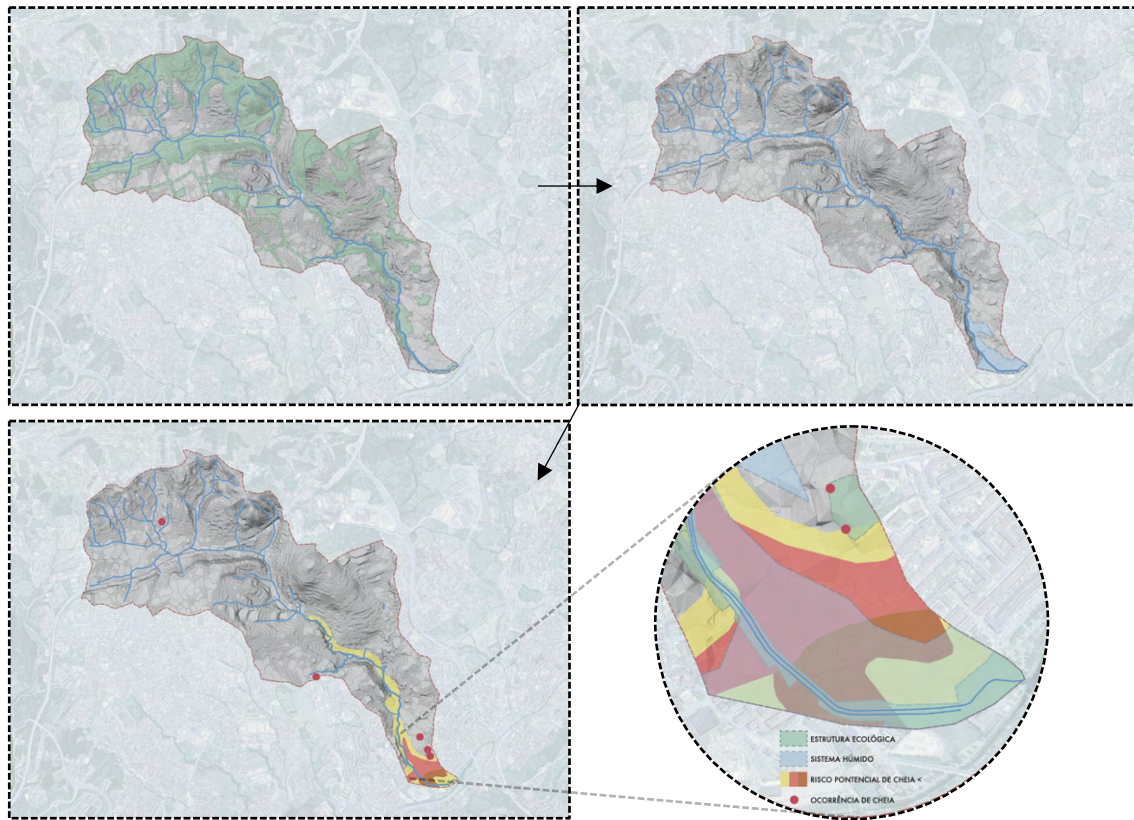


Figura 36 Cartografia da EEM; Cartografia do sistema hidrológico; Junção dos diferentes cartogramas com o risco potencial e ocorrências de cheias na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas (esquerda para direita, cima para baixo)

Fonte: Própria.

Qualquer espaço pode desempenhar uma função sustentável no que diz respeito ao sistema de drenagem; no entanto, a seleção tem de ser feita da melhor forma possível, de modo a definir prioridades. A questão é a falta de espaço permeável nas áreas habitacionais.

Em vez de procurar uma grande área ou construir elementos estruturais artificiais e dispendiosos, é necessário agregar os pequenos espaços livres existentes na paisagem. A soma destes pequenos espaços pode levar à resolução de um problema maior, como as cheias e a escassez de água.

Parques, jardins, praças, canteiros e caldeiras podem desempenhar um papel de pequenas áreas de retenção e infiltração, inundando temporariamente em eventos de maior intensidade. O espaço público está cheio de possibilidades.

O caso de estudo centra-se na requalificação do Jardim Manuel Gomes Coelho, cujo projeto estava a ser desenvolvido no atelier NPK, Arquitetos Paisagistas Associados, sob a forma de uma proposta para requalificar um espaço já existente.

Este jardim surge, assim, como a peça-chave da investigação por três razões:

- Em primeiro lugar, pela sua localização: topograficamente situado entre as cotas 23 e 30, numa das zonas mais baixas de toda a bacia hidrográfica, ainda pertencente ao sistema húmido dos grandes talvegues desta paisagem, a cerca de 150 metros da Ribeira de Odivelas e a 400 metros do Rio da Costa.
- Em segundo lugar, pela oportunidade transformadora de um projeto de requalificação.
- Em terceiro lugar, pelo facto do projeto estar em curso num atelier profissional de Arquitetura Paisagista, permitindo testar, em tempo real, como todas as práticas de drenagem sustentável podem ser implementadas no projeto.

De acordo com a Figura 38, para além do parque ribeirinho do Rio da Costa e do Jardim da Música, este jardim é o único espaço verde em toda esta zona da várzea. O estudo de Borges et al. (2007) ainda considera essa área de risco muito elevado, na categoria de risco potencial de cheia mais alta. Tudo indica que o Jardim Manuel Gomes Coelho é um excelente espaço para intervenção, de modo a melhorar o sistema hidrológico desta zona.



Figura 37 Identificação do jardim perante as diversas cartografias (esquerda); Identificação do jardim na várzea da bacia (direita).

Fonte: Própria.

Acresce que o jardim é vizinho de uma intervenção recente nesta paisagem. A construção da nova ponte entre a Rua Dário Canas e a Rua Vale do Forno e a requalificação da envolvente, que incluiu a um novo posto de estacionamento, junto do vale da ribeira (Figura 38).

Trata-se de um vale de cheia urbano, com um histórico de episódios desastrosos. Ainda assim, mesmo em áreas já identificadas como de risco muito elevado, observam-se decisões de ocupação que continuam a reforçar a impermeabilização e o condicionamento do vale, em vez de recuperar mais espaço para o sistema natural.



Figura 38 Localização da nova ponte entre a rua Dário Canas e a rua Vale do Forno (esquerda); Obra a decorrer (direita).

Fontes: Própria (esquerda); Câmara Municipal de Odivelas (direita).

Do ponto de vista municipal, a ocupação é apresentada como uma melhoria da mobilidade e da acessibilidade, reforçando a articulação viária e aumentando a oferta de estacionamento numa zona de elevada pressão urbana. Do ponto de vista hidrológico e paisagístico, a escassez da área plantada prevista não compensa o nível de impermeabilização introduzido pelo estacionamento e pelos arruamentos. Esta intervenção contraria exatamente a defesa prioritária dos sistemas naturais associados às linhas de água e essenciais para a resiliência urbana perante fenómenos climáticos extremos.

4. Solução de Materialização

4.1. Conceito e Diagnóstico

A localização do Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho corresponde a um dos gargalos de toda a bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas. Este local foi e continua a ser particularmente suscetível a inundações provenientes da chuva, o que justifica a existência de um espaço verde neste local.

O jardim, pela sua centralidade espacial, hídrica e viária, pode constituir um espaço para uma nova forma de pensar. A sua contribuição atual é quase nula, não contribuindo para os elementos cruciais de um espaço verde: recreio, descanso, porosidade... entre outros.



Figura 39 Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho.

Fonte: Google Earth.

O reforço do corredor verde da Ribeira de Odivelas também é extremamente importante. Numa malha urbana extremamente consolidada e de grande centralidade, embora se trate de um espaço verde consolidado, com cerca de meio hectare, o jardim não está identificado na EEM (Figura 40).



Figura 40 Jardim em relação à EEM.

Fonte: Própria.

O espaço carece de dinâmica social. É classificado como um local de passagem para os residentes e, agora que o mobiliário infantil foi removido, perdeu ainda mais o elemento que o ligava à população, o que tornou o espaço mais degradado.

Esta condição reforça a necessidade de uma intervenção capaz de requalificar o espaço e recuperar o seu papel urbano, ambiental e social, bem como a sua funcionalidade hídrica.

O sistema hidrológico do local revela uma situação particularmente complexa. Durante episódios pluviométricos intensos, observa-se uma convergência acentuada das águas provenientes não apenas do próprio jardim, mas sobretudo da envolvente. Considerando que este espaço é apenas um jardim de bairro, a área de contribuição efetiva ultrapassa em muito, os limites físicos do espaço, incluindo as coberturas dos edifícios contíguos e as superfícies pavimentadas que o envolvem. Considerando a sua baixa localização nesta bacia hidrográfica vulnerável e, ainda assim, com estes desafios, o jardim transforma-se, involuntariamente, num ponto de acumulação de

águas pluviais, função para a qual não estava totalmente preparado devido à sua estrutura.

A modelação do terreno atual (Figura 41) também reflete a função que tem sustentado a sua descaracterização como área porosa. Não havendo qualquer tipo de depressão no solo, com a água a convergir apenas para as margens onde o solo é suportado por muretes de contenção, e também para o sistema tradicional de drenagem. Os aterros realizados em grande parte dos canteiros também levam à perda de solo orgânico. São várias as condicionantes que a modelação existente realça.

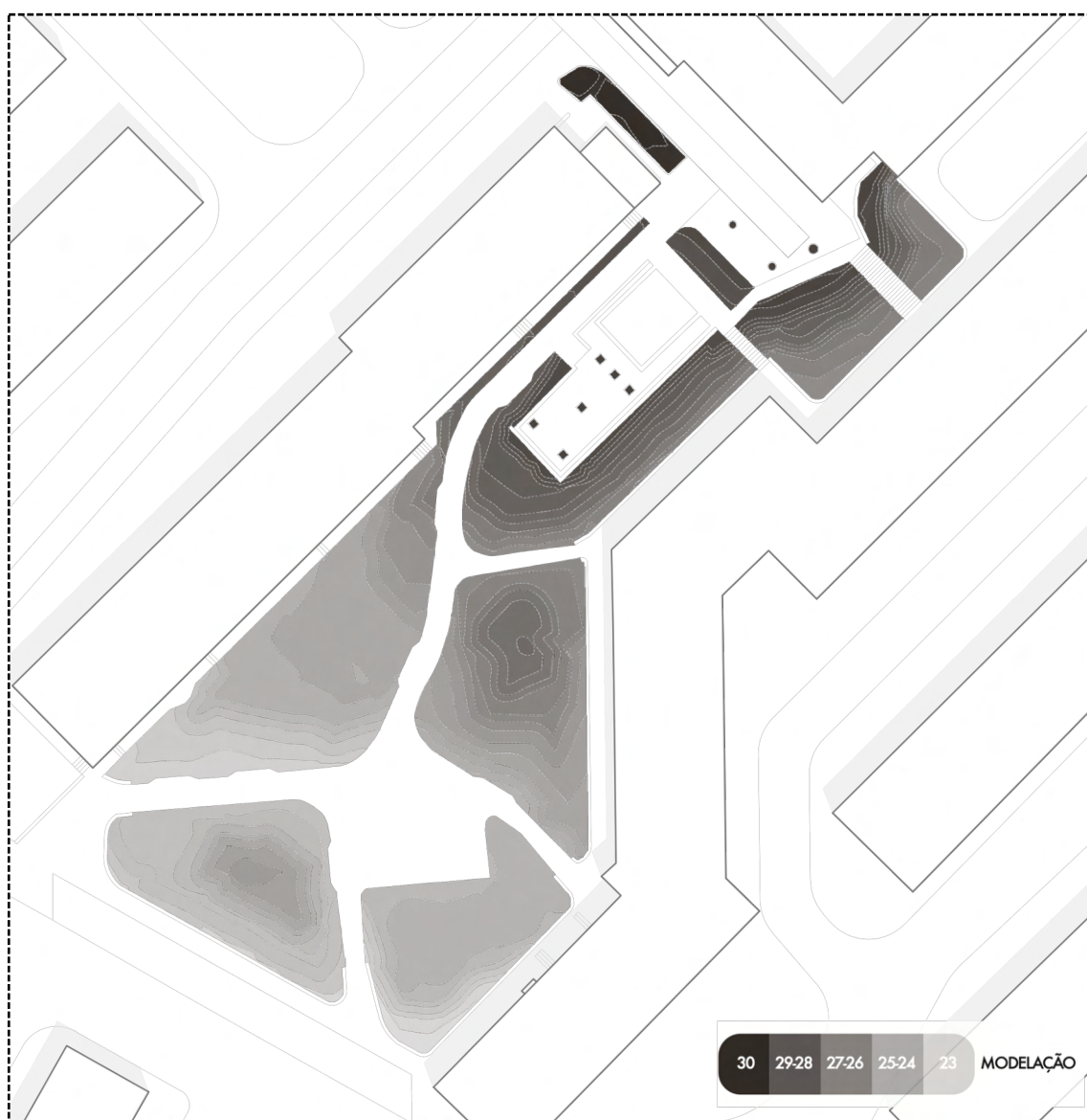


Figura 41 Modelação atual do Jardim.

Fonte: Própria.

Neste jardim, o investimento no sistema tradicional de drenagem desaparece literalmente sob o pavimento, onde ninguém o vê, ninguém o usufrui e que funciona apenas durante uma pequena fração do ano. O resto do tempo permanece sem funcionar, à espera da próxima chuvada.

A premissa base que se quer atingir com esta intervenção é inverter esta lógica. E se, em vez de fazer desaparecer a água o mais rapidamente possível, ela puder permanecer por mais tempo no espaço, enquanto se infiltra lentamente? Em vez de encará-la como um problema, pode transformar-se numa oportunidade, tornando-se um elemento estruturante do espaço, valiosa para a vegetação e para o aumento da humidade, essencial ao conforto humano.

Não se trata apenas de renovar pavimentos, substituir equipamentos ou dimensionar canteiros. Trata-se de materializar um espaço de modo a torná-lo uma infraestrutura multifuncional, capaz de desempenhar simultaneamente papéis sociais, ecológicos e hidrológicos. Um espaço onde se possa brincar, descansar, contemplar e, ao mesmo tempo, receber a água da chuva, armazená-la, infiltrá-la ou devolvê-la, de forma controlada e benéfica ao sistema tradicional de drenagem.

A lógica conceptual parte da ideia de considerar um espaço verde existente numa zona da cidade sensível e requalificá-lo de forma a torná-lo um espaço verde convidativo e em simultâneo, reforçar e enaltecer o sistema hidrológico.

A estrutura conceptual organiza-se em torno de três eixos estratégicos complementares, que se cruzam e reforçam mutuamente, considerando as vantagens aplicadas por Matos Silva (2019), enaltecidas anteriormente, e que se articulam mutuamente.

O primeiro eixo aborda a multifuncionalidade, de modo a garantir que cada elemento do projeto desempenhe múltiplas funções simultaneamente. As soluções aplicadas equilibram o desempenho hidrológico com os usos sociais e a qualificação espacial. Assim, o desenho não se limita a elementos de retenção ou de infiltração, mas também cria espaços que afirmam a presença do jardim na paisagem urbana envolvente.

O segundo eixo considera a visibilidade e a capacidade pedagógica, expondo o papel da água no espaço e tornando sua presença, mesmo que temporária, um elemento de interpretação do local, auxiliando as pessoas a entenderem a razão dessa materialização específica. Tanto esta investigação quanto a inclusão de elementos

informativos no jardim podem fortalecer essa dimensão, tornando consciente a relação entre o ciclo urbano e o ciclo natural da água.

O terceiro eixo refere-se à exposição e à partilha do valor, de modo a mostrar que a melhoria das condições de uso e do conforto contribui para a retenção da água e para o fortalecimento da estrutura ecológica urbana, não limitando, assim, o valor do projeto apenas às pessoas, mas também a toda a paisagem.

É objetivo manter a estrutura espacial, melhorando-a para torná-la mais inclusiva e acessível a todos os tipos de pessoas. O desenho original do jardim apresenta dois centros distintos, um a nordeste e outro a sul (Figura 42).

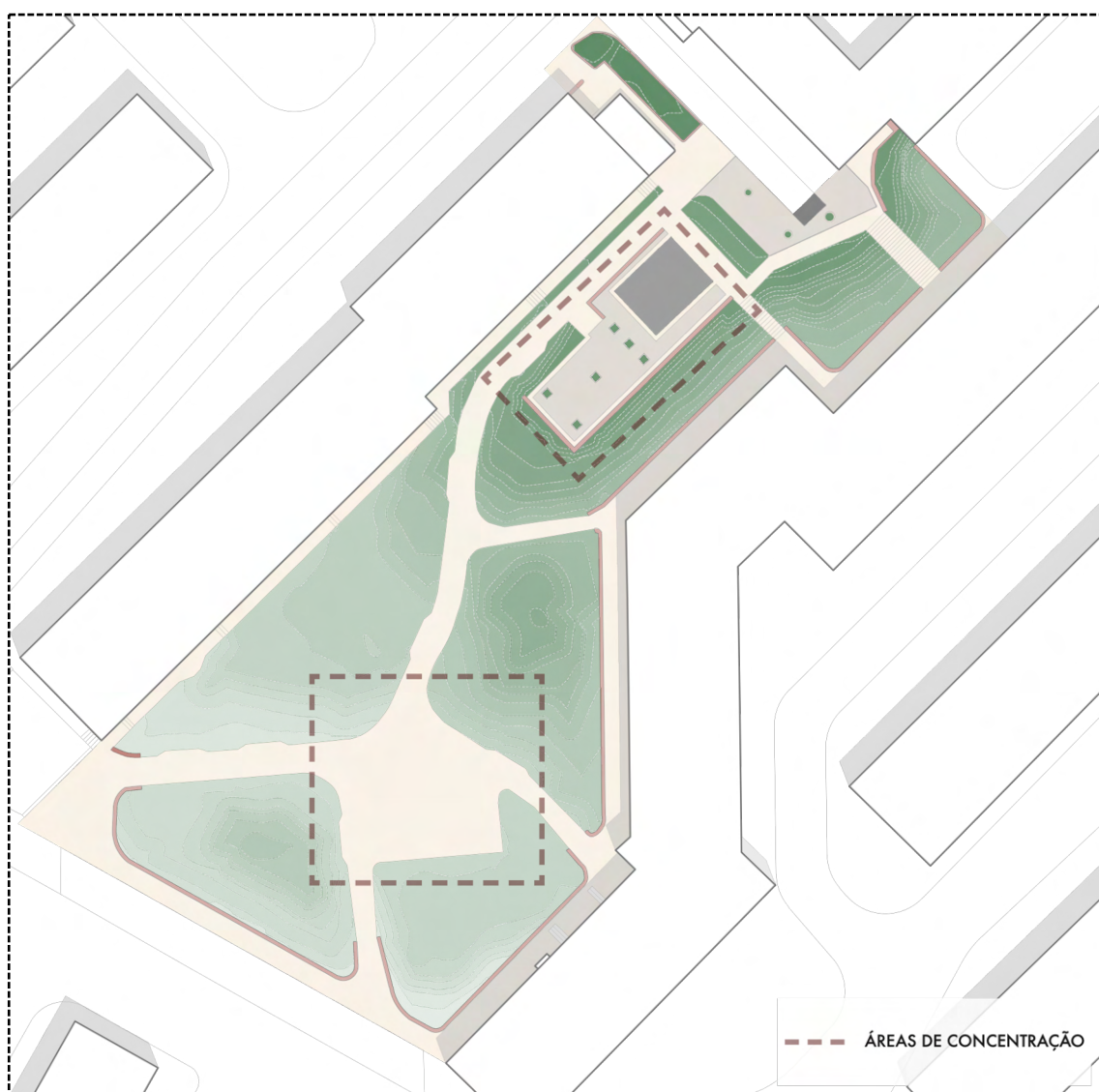


Figura 42 Materialização atual do Jardim.

Fonte: Própria.

A zona nordeste (Figura 43), que corresponde à área altimetricamente mais elevada do jardim, constituía um espaço de estadia, originalmente concebido como zona de convívio pela presença de mobiliário urbano e pelo seu desenho fechado, o que também permitia funcionar como plataforma de convívio. Atualmente, a área encontra-se marcada por equipamentos infantis obsoletos, pavimentos degradados e caldeiras vazias, além do excesso de vegetação, que impede uma visibilidade aceitável. A proposta vai revitalizar a qualidade da visibilidade, realçando a sua qualidade de miradouro e melhorando as condições espaciais para o encontro e a estadia.



Figura 43 Área superior (nordeste) do Jardim.

Fonte: Própria.

Na zona sul (Figura 44), localizada na cota mais baixa, verifica-se a existência de uma segunda área com potencial para acolher toda a concentração de pessoas, resultante da confluência dos percursos ao longo do jardim. Se a centralidade nasce desta

confluência, a qualidade dos fluxos anula igualmente a sua condição de espaço de estar e de espaço autónomo. O objetivo da proposta é separar as duas funções, agregando um novo espaço de estar ao longo do percurso dos caminhos.



Figura 44 Área inferior (sul) do Jardim.

Fonte: Própria.

Após o trabalho de melhoria da legibilidade, foram trabalhadas as restantes dimensões do jardim, nomeadamente o comportamento do ciclo da água e as características da acessibilidade. O objetivo não é criar estruturas evidentes ao olhar das pessoas, mas sim integrá-las como se fizessem parte do desenho do próprio jardim. É necessário definir de que forma a modelação será cuidadosamente alterada, o tipo de vegetação que precisa de ser removida ou acrescentada, as vistas que se quer abrir ou fechar, a

quantidade de sombra e de clareira e, em simultâneo, criar condições para a água permanecer aí e infiltrar mais. Todos os pormenores são pensados em conjunto com o pensamento do movimento da água.

4.2. Proposta

No sentido da materialização, o jardim foi requalificado de forma muito leve, mas essa leveza traduz-se num impacto significativo quando se considera a volumetria de água da chuva que o espaço passará a armazenar.



Figura 45 Evolução do jardim: Caminho principal atual (cima); Caminho após a proposta: Fotomontagem (baixo).

Fonte: Própria.

No plano da materialidade, a proposta privilegia intervenções de baixo impacto construtivo, preservando, sempre que possível, os elementos existentes e reutilizando os materiais já presentes no local. Mantém-se a dominância da calçada miúda de vidro, reconstruída e reaproveitada como pavimento unitário do jardim, valorizando a continuidade material e a continuidade histórica do espaço (Figura 46).



Figura 46 Plano Geral da proposta.

Fonte: Própria.

No que diz respeito à leitura funcional, o jardim organiza-se em torno de duas centralidades implantadas em cotas distintas, ligadas entre si por percursos que o atravessam. O espaço a nordeste, caracterizado pela sua superioridade altimétrica em

relação ao restante do jardim, foi denominado Largo do. Procurou-se manter a coerência com o propósito funcional deste espaço, abrindo-o e qualificando-o para acolher pequenas atividades de recreio e de comércio pontuais, capazes de atrair mais pessoas ao jardim (Figura 47).



Figura 47 Largo Mirante atualmente (cima). Largo Mirante após a proposta: Fotomontagem (baixo).

Fonte: Própria.

Na zona sul, mais baixa, o desenho conduziu à consolidação de uma centralidade espacial com melhor legibilidade, de modo a não ser devassada pelos percursos de atravessamento. Esta área foi denominada Largo Central. O espaço proposto, mais acolhedor, pretende afirmar-se como ponto de confluência do jardim, um lugar onde seja possível realizar ajuntamentos para diferentes tipos de ações recreativas, bem como um espaço de estadia quotidiana (Figura 48).



Figura 48 Largo Central atualmente (cima). Largo Central após a proposta: Fotomontagem (baixo).

Fonte: Própria.

A dualidade destas duas áreas constitui o ponto de partida para a proposta, que pretende revitalizar a complementaridade entre ambas, reforçando a sua coerência formal e funcional e potenciando o conjunto de funções do jardim. Existem ainda outros elementos que contribuem para consolidar a identidade do espaço e participam na sua materialização, nos quais as soluções de intensificação da infiltração e da retenção da água se integram como parte estrutural do desenho.

4.2.1. Soluções materializadas

Relativamente à materialização das tipologias de drenagem, as soluções aplicadas no jardim são classificadas de acordo com a abordagem apresentada no 2.º capítulo. Importa salientar que muitas delas podem desempenhar mais do que uma função,

sendo, por isso, categorizadas com base na sua função principal enquanto sistema. Dado que o projeto ainda não se encontra na fase de execução e algumas decisões permanecem em aberto, o detalhamento dos sistemas de infiltração é apresentado sob a hipótese de que cada solução poderá ser auxiliada por um geodreno que encaminha as águas em excesso para o sistema tradicional de drenagem existente.

Começa-se por descrever o solo, o sistema com maior potencial de armazenamento de água do jardim. De forma geral, o seu volume é constituído por cerca de 40 a 50% de porosidade, ocupada alternadamente por ar ou por água, e qualquer incentivo à ampliação dos canteiros traduz-se numa maior capacidade de infiltração deste elemento poroso. Num solo urbano mal gerido, com sinais de erosão, os níveis de compactação são elevados, a porosidade tende a reduzir-se, e a continuidade dos poros é limitada; a falta de microrganismos que promovam a decomposição da matéria orgânica e a reciclagem de nutrientes traduz-se numa capacidade de infiltração mais restrita e numa maior afluência de escoamento superficial, mesmo em superfícies plantadas (Veludo, 2026).

É expectável que a descompactação gradual e o aumento do teor de matéria orgânica incrementem significativamente a porosidade e, conseqüentemente, a capacidade de infiltração do solo. A partir da Figura 49, verifica-se que pequenas alterações podem representar mudanças relevantes para a vida orgânica do solo. Enquanto o solo atual apresenta fendas e sinais de degradação, o seu melhoramento contínuo, assente em práticas de manutenção adequadas, na introdução de matéria orgânica e na suavização das inclinações, poderá convertê-lo num solo mais saudável, com maior atividade biológica e maior porosidade. Um solo com bom equilíbrio biológico integra uma diversidade de sistemas de vida relevantes; a presença de microrganismos, raízes e micorrizas gera processos físicos e químicos que ampliam significativamente a porosidade, a capacidade de armazenamento e a infiltração da água (Veludo, 2026).

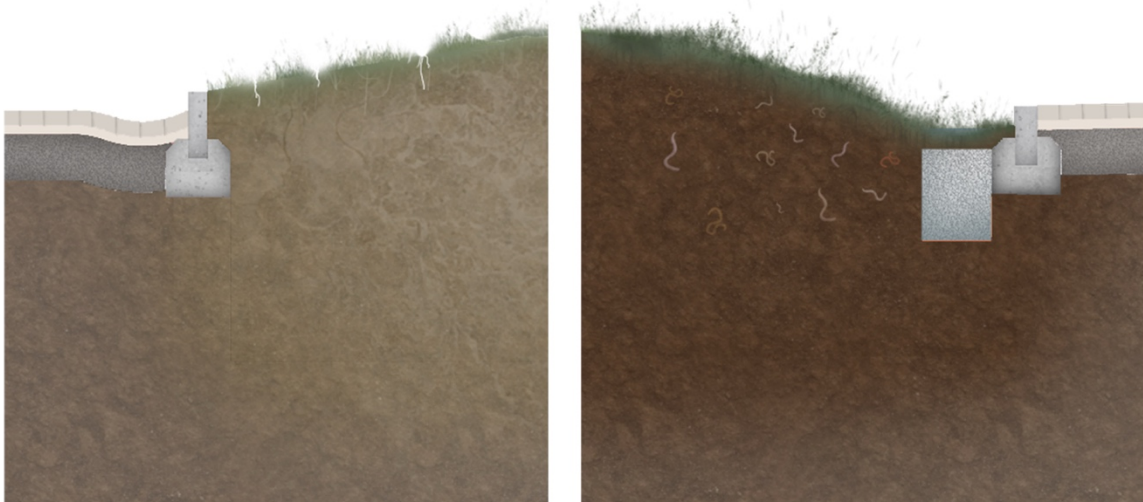


Figura 49 Comparação do solo atual com o solo após a intervenção.

Fonte: Própria.

Toda a proposta relativa à vegetação foi desenvolvida com base em critérios de adaptação às condições edafoclimáticas locais, com o objetivo de melhorar o desempenho ecológico e funcional do jardim. Procedeu-se à redução do número de árvores existentes, através da remoção dos exemplares em conflito direto com as edificações e da eliminação do excesso de espécies exóticas que atualmente caracterizavam o espaço. A composição vegetal existente revelava uma reduzida coerência, tanto do ponto de vista ecológico como paisagístico, com a coexistência de espécies de grande porte e características muito distintas, como eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), ciprestes (*Cupressus sempervirens*, *Cupressus lusitanica*), choupos (*Populus nigra*), palmeiras (*Washingtonia robusta*), iúcas (*Yucca gigantea*) e pinheiros-mansos (*Pinus pinea*), e um estrato arbustivo dominado por loendros (*Nerium oleander*), pitósporos (*Pittosporum undulatum*) e tuias (*Thuja* sp.), contribuindo para uma imagem fragmentada e pouco consistente.

Embora a permeabilidade dos solos constitua um dos objetivos centrais da intervenção, a permeabilidade visual desempenha igualmente um papel determinante na experiência dos utilizadores (Figura 50). Assim, a proposta privilegia a introdução de espécies caducifólias, nomeadamente carvalhos (*Quercus* sp.) e freixos (*Fraxinus* sp.), cuidadosamente implantados para evitar conflitos entre as copas e as habitações envolventes. Reforça-se também um estrato arbustivo de caráter mediterrânico, composto por espécies mais adaptadas às condições locais, como viburno (*Viburnum*

tinus), teucrium (*Teucrium fruticans*), murta (*Myrtus communis*) e aroeira (*Pistacia lentiscus*), promovendo uma composição plantada mais resiliente, coerente e sustentável. Para além da sua melhor adaptação a este tipo de jardim de bairro, estas espécies permitem uma maior incidência de radiação solar durante os meses de inverno, contribuindo para o conforto térmico e para uma maior utilização do espaço.



Figura 50 Cartografia em cor falsa do jardim atual (esquerda). Cartografia em cor falsa da proposta: Fotomontagem (direita).

Fonte: Direção-Geral do Território (esquerda). Própria (direita).

A modelação (Figura 51) foi cuidadosamente ajustada para tornar-se mais sensível ao desenho e ao funcionamento hidrológico do jardim. A suavização dos declives visa conservar o solo e promover a infiltração; o ajuste de determinadas superfícies procura garantir mobilidade universal nos acessos e nas principais deslocações interiores; e o controlo da relação entre elevações e depressões pretende maximizar a conservação da água pluvial, reduzir o escoamento superficial e desacelerar os escoamentos, favorecendo a infiltração e a laminagem da ponta de cheia.

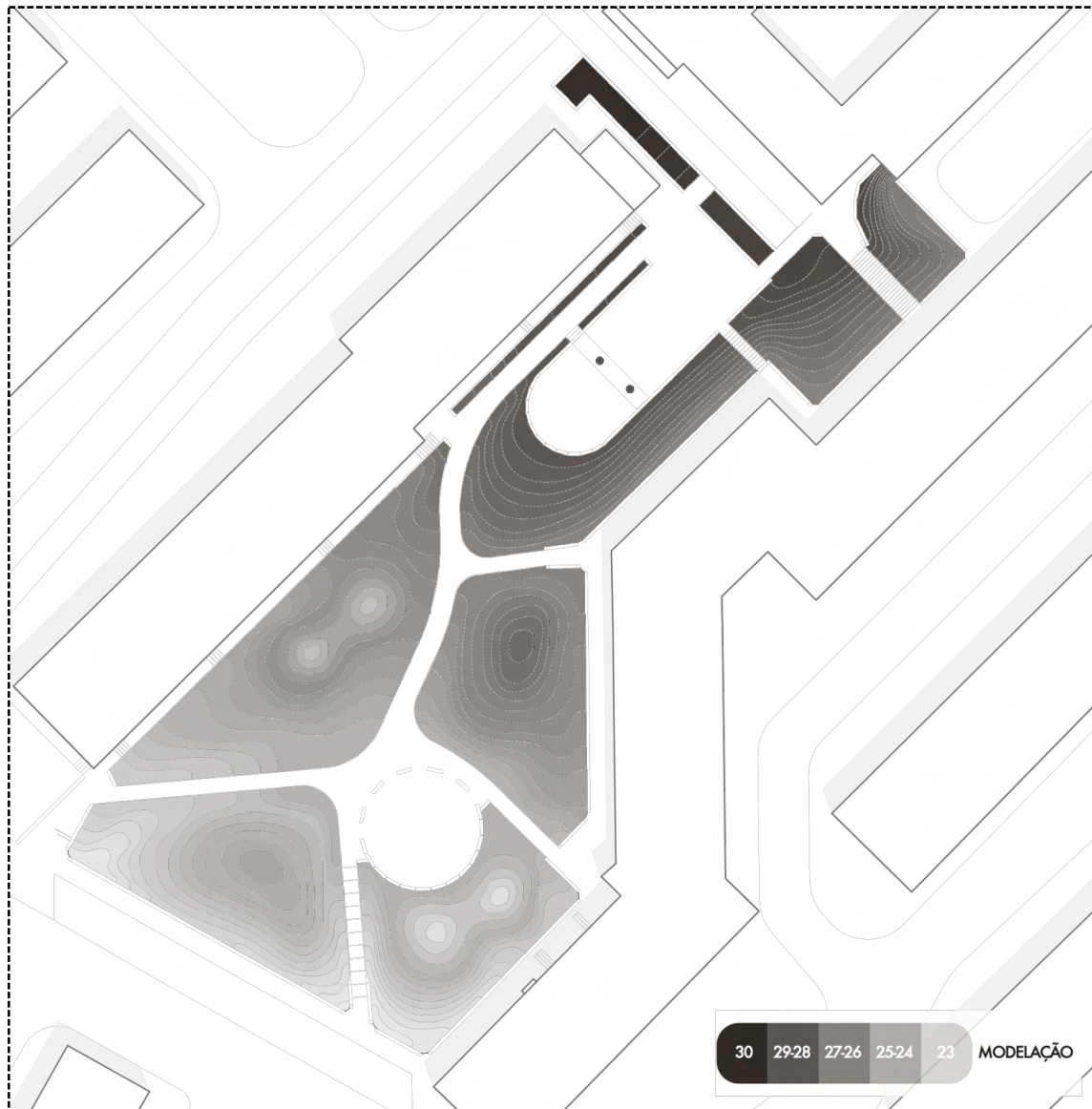


Figura 51 Modelação proposta para o Jardim.

Fonte: Própria.

Relativamente às soluções de drenagem sustentável materializadas: foram identificadas na Figura 52 e interpretadas de modo a tornar legível onde e como se encontram implantadas. Para melhor leitura, remete-se ao Anexo 3.

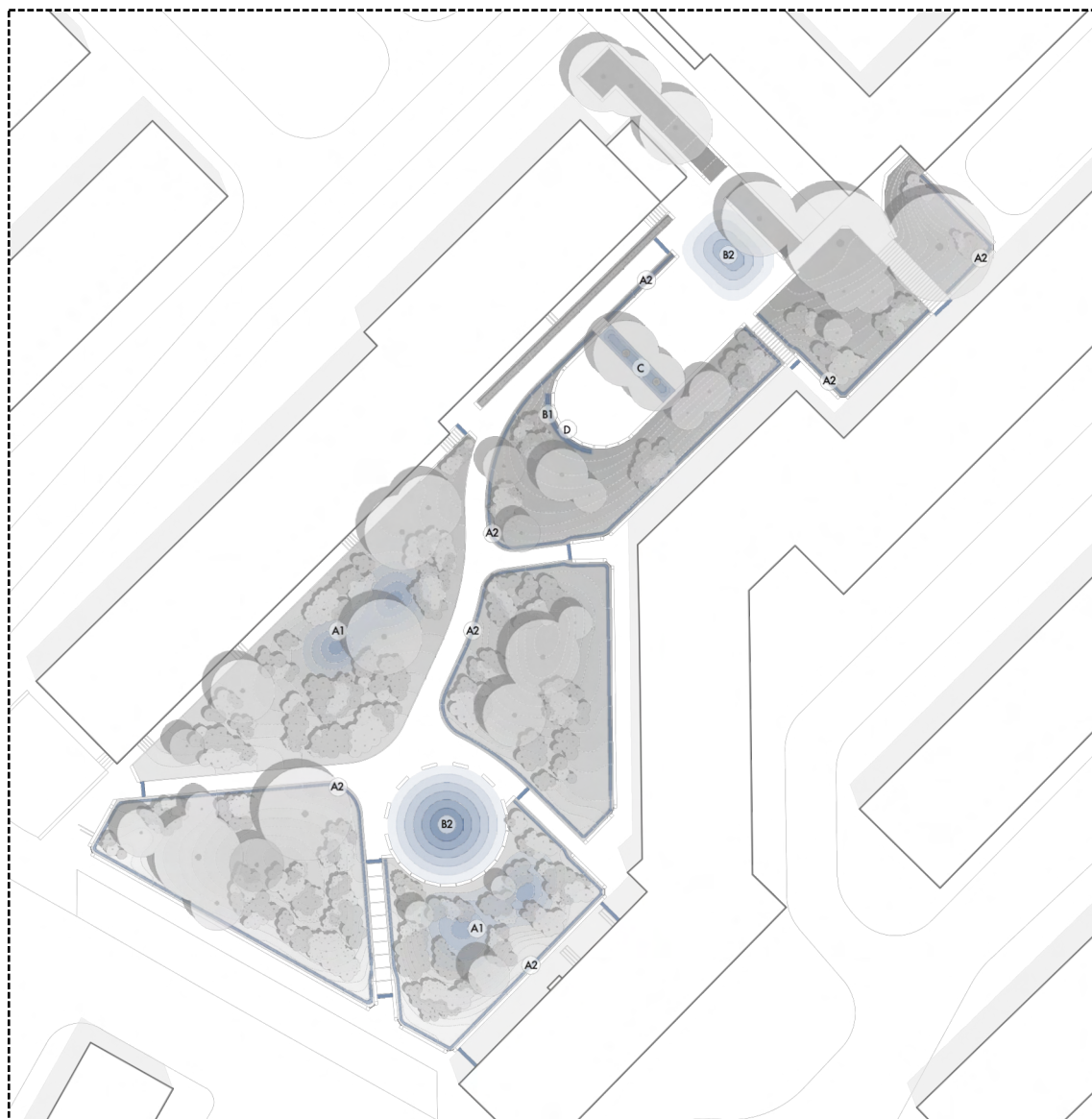


Figura 52 Sistema hidrológico do Jardim.

Fonte: Própria.

A. Biorretenção

A partir da modelação proposta, é possível materializar dois tipos de soluções de biorretenção muito semelhantes, ainda que em escalas diferentes. A primeira caracteriza-se pela formação de pequenas depressões de biorretenção (**A1**). A remoção pontual do estrato arbóreo teve uma influência determinante neste desenho, permitindo ampliar o espaço disponível e criar melhores condições para uma modelação mais

precisa do terreno. Nos dois canteiros situados a oeste e a este da zona sul do jardim, a remoção de algumas árvores possibilitou a criação destas pequenas depressões.



Figura 53 Corte construtivo da depressão de infiltração.

Fonte: Própria.



Figura 54 Pormenores: Fotomontagem.

Fonte: Própria.

O adoçamento dos canteiros foi cuidadosamente executado, o que permitiu criar espaço para uma segunda solução: as valas de biorretenção (**A2**). A sua materialização decorre da configuração geral do jardim, em que o caminho principal assume uma leve pendente em direção a estas valas, funcionando como corredor preferencial para as águas de escorrência; o canteiro oposto à pendente completa o sistema, acolhendo depressões de recolha para águas excedentes. As valas acompanham todo o percurso principal e seguem a maior parte do desenho dos canteiros, que são também contidos por muretes de suporte, desempenhando não só a função estrutural de contenção do composto de plantação, como também de retenção da água excedente que percorre essas depressões.

Todas as valas foram implementadas com uma camada adicional de brita, de forma a melhorar a infiltração no solo, diferenciando-se o dimensionamento dessa camada em função da inclinação em que se encontram. Nos percursos inclinados, foi considerada uma camada de composto de plantação e uma camada de brita com cerca de 30 cm de altura (Figura 55), solução que, devido à inclinação, privilegia o escoamento controlado em detrimento de volumes elevados de retenção. Nas áreas planas, pelo contrário, a profundidade da brita foi aumentada para 50 cm (Figura 55), permitindo uma maior capacidade volumétrica para as águas excedentes que percorrem a vala inclinada antes de serem armazenadas.

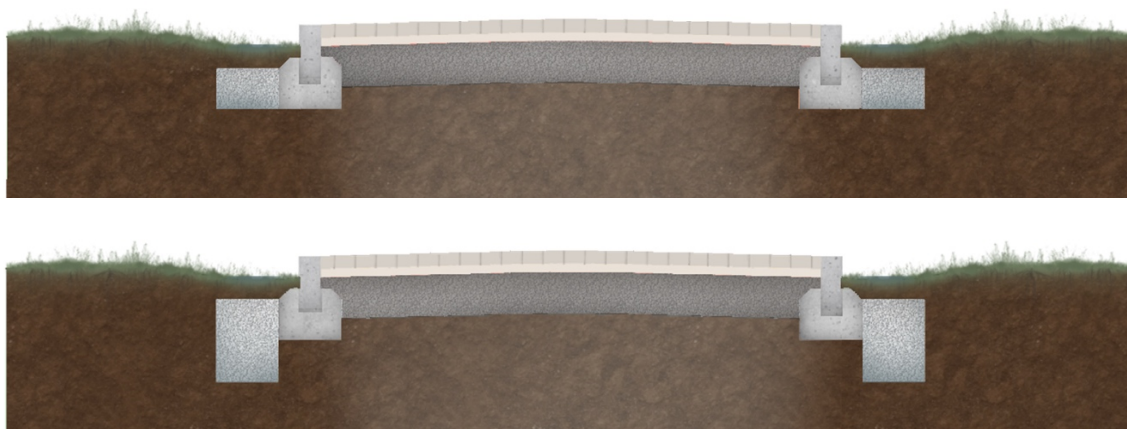


Figura 55 Cortes construtivos das valas em áreas inclinadas (cima) e planas (baixo).

Fonte: Própria.

A Figura 56, que ilustra o caminho principal do jardim, evidencia estas duas soluções distintas de biorretenção em funcionamento, permitindo que a água se acumule em ambos os lados do percurso.

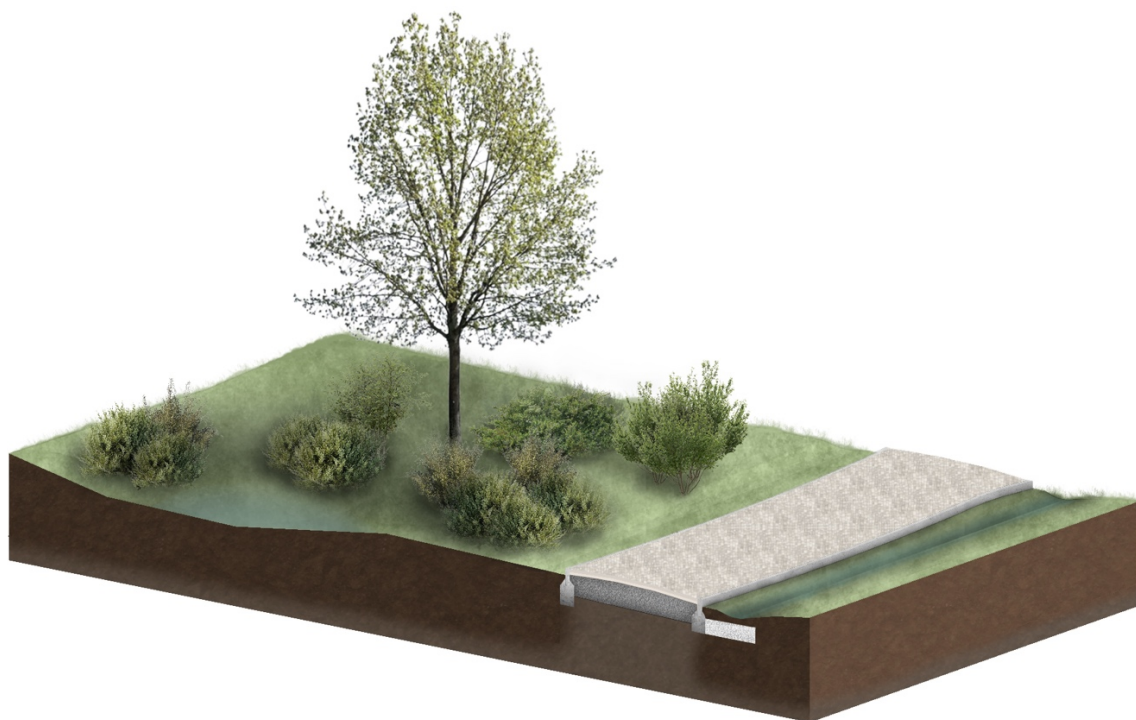


Figura 56 Diagrama construtivo dos dois sistemas em funcionamento.

Fonte: Própria.

B. Infiltração por Brita

Sendo a área do Largo superior contígua à faixa de gradil, propõe-se uma solução adicional para que a água que incide pontualmente sobre o espaço posterior à faixa seja direcionada para um depósito de armazenamento: uma vala de brita (**B1**). Ao contrário das valas de biorretenção, esta vala, com maior capacidade volumétrica, utiliza a camada de brita como ponto de partida do ciclo de infiltração, a partir da qual a água se distribui progressivamente pelo solo envolvente. A solução recebe águas pluviais que caem diretamente na área pavimentada e, adicionalmente, as provenientes do Mirante, que escoam por cerca de meio metro até ao canteiro inferior, onde a vala se encontra implantada (Figura 57).

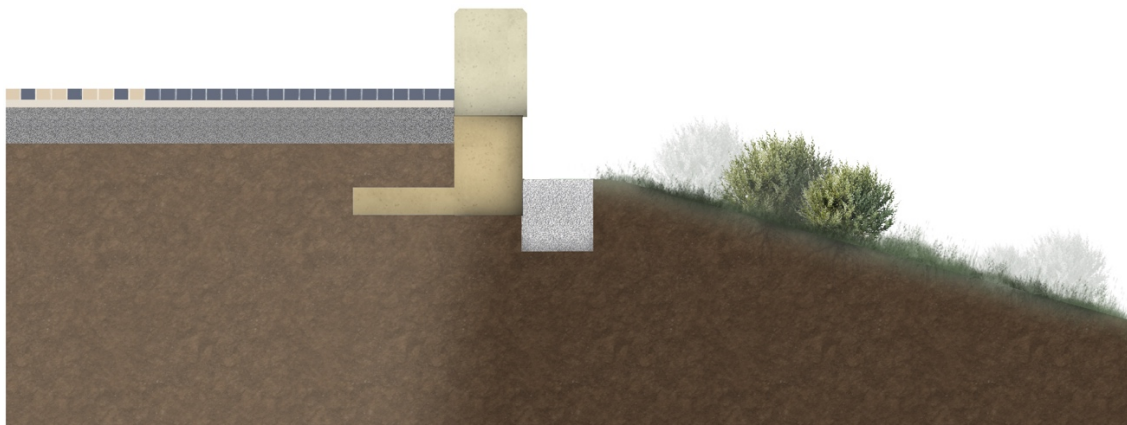


Figura 57 Corte construtivo da vala de brita sob o Mirante.

Fonte: Própria.

Complementarmente às valas de brita, propõe-se outra solução para ampliar a infiltração das águas superficiais que escoam dos pavimentos e dos taludes das áreas plantadas: os poços de brita. Foram previstos dois poços de brita (**B2**), com cerca de 1,5 m de profundidade (Figura 58).

O primeiro foi colocado sob o Largo Central, para onde converge grande parte da escorrência superficial do jardim, dada a sua posição em cotas mais baixas. Para permitir a entrada da água, foi definido um sumidouro central, a uma cota de 10 cm inferior do perímetro exterior, assegurando a recolha preferencial; a saída das águas é garantida por mecanismos de infiltração total ou parcial, conforme as condições do solo.

O segundo poço foi implantado sob a maior área pavimentada do Largo superior, de modo a captar as águas superficiais provenientes do espaço público envolvente.

A intervenção nesta área reforça uma estratégia de controlo na origem, procurando conter a água antes que esta ganhe velocidade e desça para as zonas mais baixas, reduzindo a erosão no jardim e contribuindo para atenuar o escoamento que alimenta os caudais de ponta da ribeira de Odivelas.

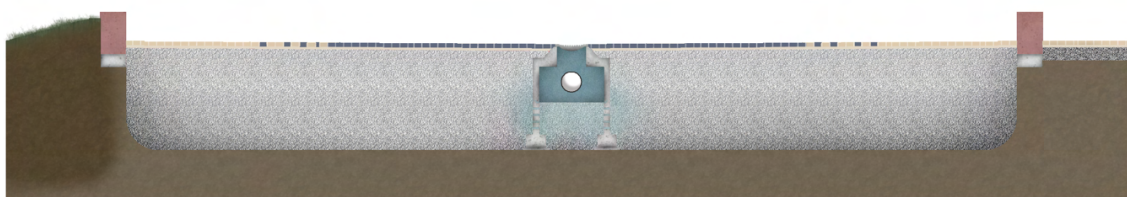


Figura 58 Corte construtivo do poço de brita do Largo Central.

Fonte: Própria.

A Figura 59 ilustra as diversas soluções propostas no Largo Central, realçando a capacidade volumétrica deste poço de infiltração e tornando o Largo estruturalmente poroso, o que permite afirmar que ambas as principais plataformas do jardim são porosas, ainda que materializadas com pavimento de calçada.

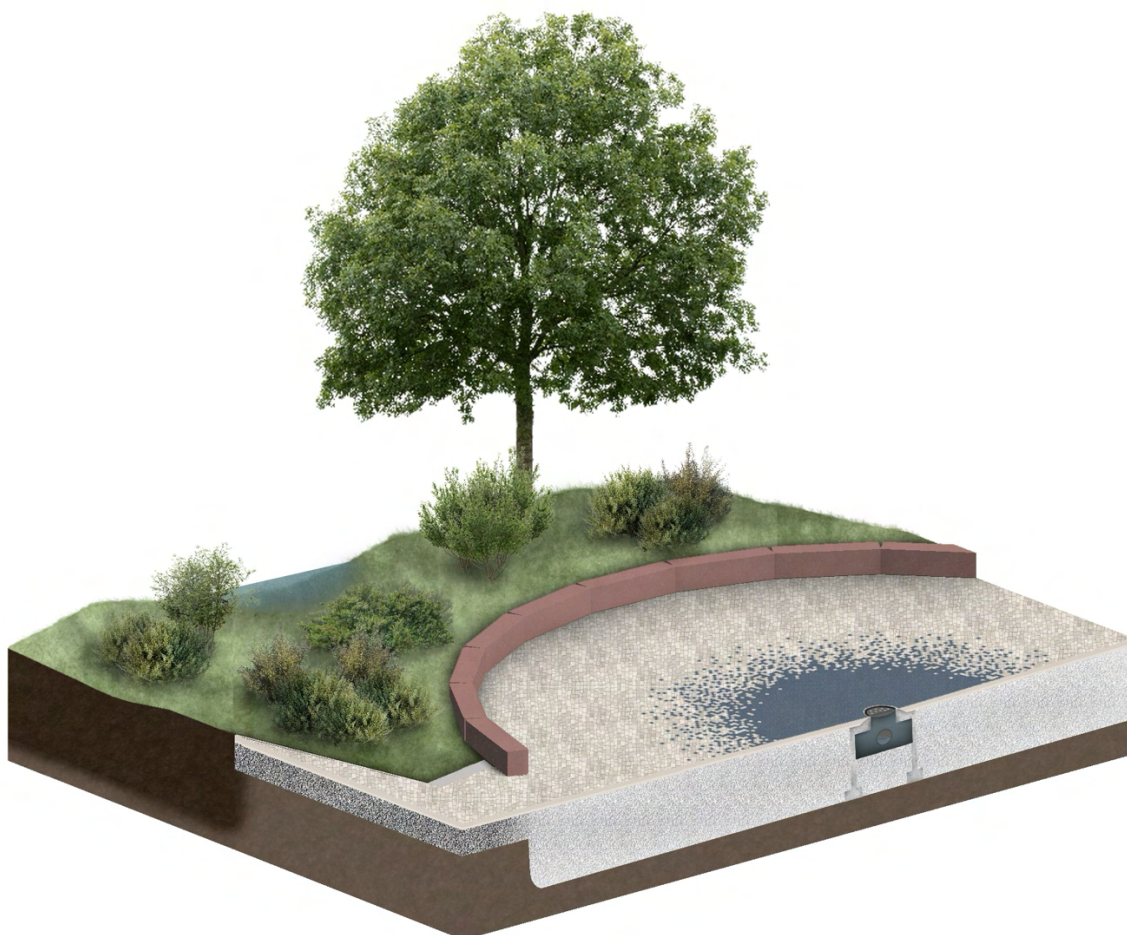


Figura 59 Diagrama ilustrativo do Largo Central com as diversas soluções a atuar.

Fonte: Própria.

C. Pavimento Permeável

No que toca à materialização dos pavimentos, como referido, o propósito é manter, em grande parte do jardim, a calçada miúda de vidro. Contudo, a morfologia acidentada do espaço, com declives médios da ordem de 7%, favorece o escoamento superficial e não a acumulação pretendida, tornando necessário complementar as superfícies plantadas com soluções específicas de infiltração em áreas pavimentadas.

Neste sentido, para além dos poços de brita, foi concebida, para a plataforma do Largo Mirante, uma solução de pavimento em gradil, aproveitando a necessidade de criar caldeiras para os dois jacarandás existentes. Foi desenhada uma grande caldeira contínua, que integra ambas as árvores e ocupa toda a largura do espaço, oferecendo-lhes condições adequadas para o desenvolvimento radicular e constituindo, simultaneamente, uma superfície permeável à infiltração da água. Toda esta estrutura é reforçada com brita, o que lhe confere maior capacidade de armazenamento das águas encaminhadas a este ponto (Figura 60).

Mais uma vez, articula-se uma dupla solução: pavimento permeável e dispositivo de infiltração num único elemento.

Em síntese, ao longo da plataforma do Mirante, na direção do escoamento, foram instalados diferentes dispositivos de captação de água, de forma a evitar que esta ganhe velocidade e promover a sua infiltração sucessiva. No término da plataforma, o murete de contenção integra aberturas que permitem a passagem do excedente para as superfícies e soluções de infiltração das áreas plantadas adjacentes, garantindo a continuidade do ciclo de infiltração para jusante.



Figura 60 Corte construtivo do gradil com caixa de brita.

Fonte: Própria.

D. Solução de coexistência

O Mirante é materializado de modo que a água superficial escoe para as áreas plantadas envolventes, articulando, de forma discreta, os dispositivos de drenagem ao

desenho do espaço de estadia. Os muros-bancos são desenhados com vãos que permitem a passagem da água, reinterpretando metaforicamente as crenelas e ameias dos castelos e conferindo uma leitura mais rica ao conjunto. A Figura 61 representa o sistema em funcionamento, evidenciando o percurso da água e a forma como os diferentes elementos se relacionam.

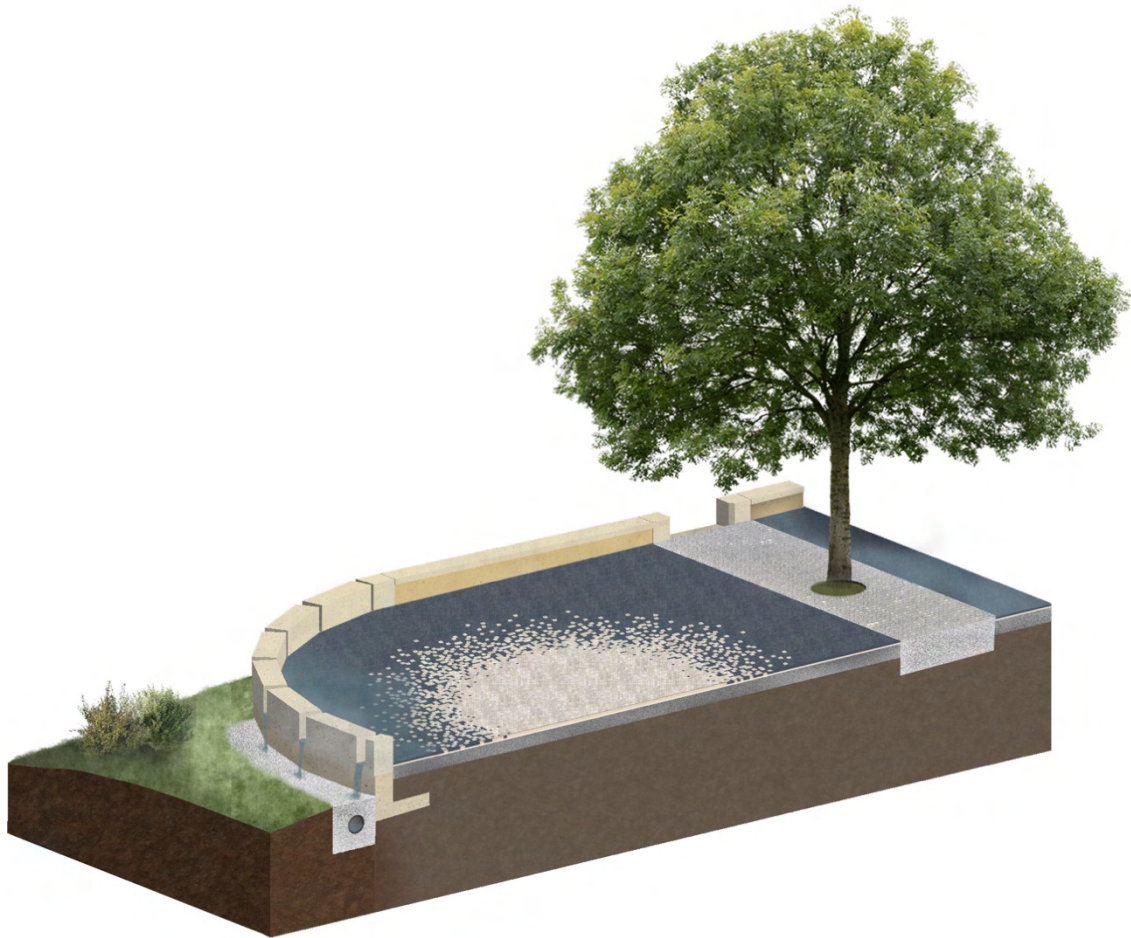


Figura 61 Diagrama ilustrativo do Largo Mirante com as diversas soluções.

Fonte: Própria.

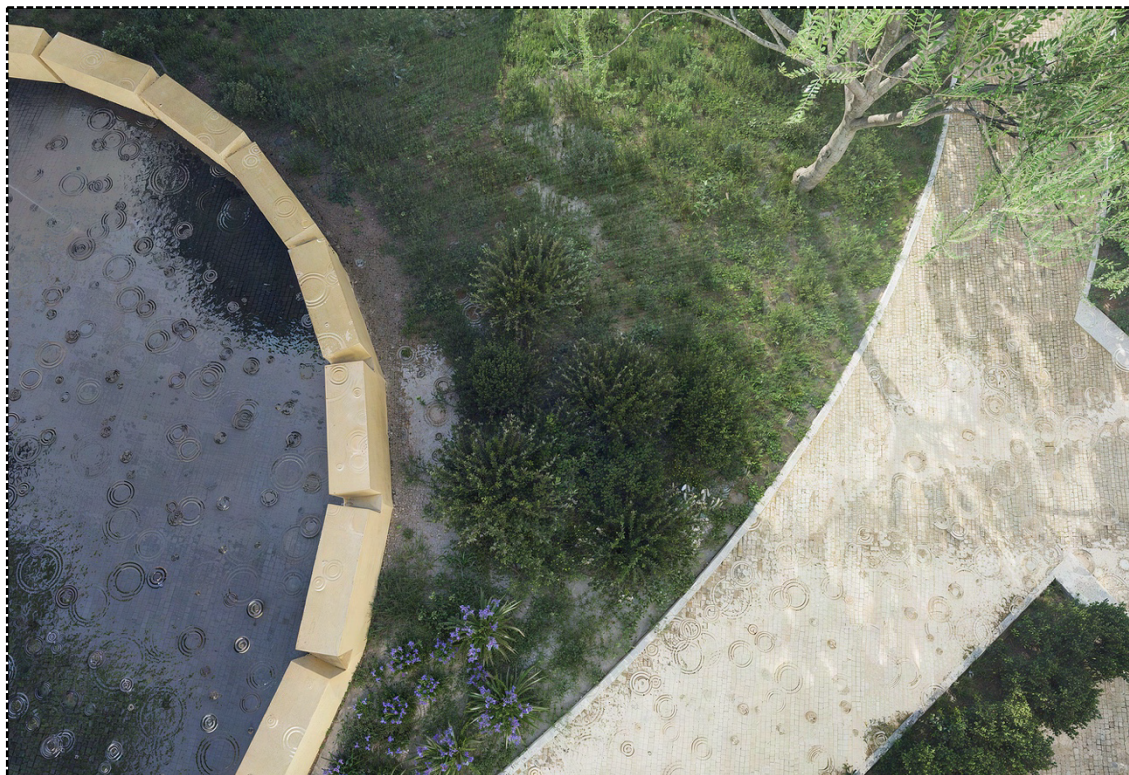


Figura 62 Pormenores: Fotomontagem.

Fonte: Própria.

A conjugação destas soluções permite integrar um conjunto de dispositivos sustentáveis de apoio aos sistemas tradicionais de drenagem. Cada pormenor de materialização foi pensado com especial atenção à melhoria do sistema hidrológico do jardim, demonstrando, enquanto projeto de Arquitetura Paisagista, que a qualidade do desenho se constrói muitas vezes no detalhe, que pode passar despercebido numa leitura inicial, mas que, observado com atenção, revela a coerência e a robustez da proposta. Quase todos os metros quadrados do jardim passam a contribuir para a conservação da água, reduzindo a velocidade do escoamento, promovendo a infiltração e assegurando a sua laminagem, de modo a mitigar eventos pluviométricos extremos.

Todo o sistema é reconfigurado: a água move-se mais lentamente e acumula-se em maior quantidade, promovendo uma infiltração acrescida que alimenta a vegetação e, em última instância, os aquíferos.



Figura 63 Todas as soluções em funcionamento.

Fonte: Própria.

Com a proposta, cerca de 65% da área total do jardim será destinada a zonas de retenção e infiltração, articulando o solo, a vegetação e todos os dispositivos técnicos numa mesma lógica do funcionamento hidrológico (Figura 63).



Figura 64 Soluções integrando toda a área plantada.

Fonte: Própria.

Os exemplos do Parque Gonçalo Ribeiro Telles, em Lisboa, do Parque Central da Asprela, no Porto, e do Parque da Várzea, em Setúbal, ilustram uma tipologia de intervenção em espaços livres contínuos de grande escala, com elevada capacidade de mitigação de eventos extremos; contudo, nem sempre é possível encontrar áreas desta dimensão em contextos urbanos consolidados.

No caso deste jardim, a disponibilidade espacial limitada não permitiu uma intervenção tão ampla, mas a soma de vários espaços desta natureza pode aproximar-se, em termos de efeito cumulativo, dos exemplos referidos.

Esta tipologia pode ser multiplicada no espaço público, aproveitando, por um lado, os espaços plantados existentes e, por outro, desmineralizando e tornando porosos os pavimentos excessivos. Torna-se, por isso, importante quantificar de que forma este caso pode contribuir para a gestão da água e qual a capacidade de retenção e infiltração que poderá ser assegurada após a requalificação, de modo a fundamentar a replicabilidade deste tipo de intervenção noutras situações da bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas e em paisagens urbanas semelhantes.

4.3. Quantificação

Uma das vantagens específicas da utilização do espaço público como suporte para medidas de adaptação às cheias reside na sua visibilidade e na capacidade pedagógica que oferece. Como refere Matos Silva (2019), estes aspetos constituem um dos maiores desafios da adaptação climática urbana, dada a dificuldade de traduzir processos hidrológicos pouco tangíveis – como taxas de infiltração, volumes de retenção ou caudais de pico – em realidades concretas e compreensíveis para a população.

Considera-se essencial demonstrar o impacto real da intervenção no comportamento hidrológico do jardim e na redução da pressão sobre o sistema tradicional de drenagem, através de um exercício de quantificação que obriga o projeto a dialogar com dados e grandezas: os volumes de água que podem ser armazenados e infiltrados no espaço quando chove. O primeiro passo consiste em clarificar novamente a área total do jardim, com cerca de 4.874 m². Situado numa das cotas mais baixas da bacia hidrográfica, o jardim recebe as águas a jusante dos passeios e arruamentos adjacentes, bem como as provenientes dos edifícios envolventes, somando uma área de contribuição envolvente próxima dos 5 000 m², o que significa que pode receber pouco mais do dobro da sua própria superfície.

Na situação atual, o jardim apresenta uma distribuição relativamente equilibrada entre superfícies impermeáveis e permeáveis. Cerca de 1.923 m² correspondem ao pavimento em calçada miúda de vidro. A este valor acrescem as superfícies totalmente impermeáveis, incluindo pequenas áreas em lajetas de betão e o pavimento de borracha do antigo parque infantil, totalizando uma área de 2.168 m² (cerca de 44,5% da área total do jardim). Os 2.706 m² de área plantada, que representam aproximadamente 55,5% da área total, constituem a componente com potencial

permeável do jardim; porém, muitos canteiros encontram-se degradados pelo pisoteio, pela falta de manutenção adequada do solo e pela modelação acentuada, o que reduz significativamente a sua capacidade de retenção e infiltração.

Embora a porosidade dos solos não seja conhecida com rigor, sabe-se, pela Carta Geológica de Portugal, que o jardim se insere no Complexo de Benfica, associado a contextos geológicos de baixa permeabilidade.

Não tendo sido realizadas sondagens nem ensaios específicos, não é possível definir um valor quantitativo para a porosidade; porém, pode-se afirmar que a porosidade do substrato atual do jardim só pode ser ampliada por meio do melhoramento do solo existente, tornando-o biologicamente mais ativo e poroso.

Para evidenciar a superfície de infiltração e a capacidade de armazenamento após a intervenção, é necessário considerar todas as soluções aplicadas e os benefícios que introduzem no funcionamento hidrológico do espaço.

Ao nível da superfície, deve ser considerada a evolução das áreas plantadas e das áreas adicionais que passam a permitir infiltração. O aumento dos canteiros foi dimensionado para 2.883 m².

Em complemento, as áreas associadas a elementos ou superfícies permeáveis, nomeadamente os poços de brita e a área do gradil, são estimadas em cerca de 251 m². Partindo de uma superfície de infiltração atual de 2.706 m² e integrando estas novas superfícies, obtém-se um aumento de 427 m², o que corresponde a cerca de 16% adicional de superfície de infiltração relativamente à situação inicial do jardim.

	ATUAL (m ²)	PROPOSTA (m ²)	TOTAL
JARDIM	4.874		
ÁREAS PLANTADAS	2.706	2.883	+177 m ²
SUPERFÍCIES COMPLEMENTARES	0	251	+251 m ²
SUPERFÍCIE TOTAL	2.706	3.134	+427 m² = +16%

Tabela 2 Evolução da superfície de infiltração.

Fonte: Própria.

A capacidade de armazenamento é, na situação atual, praticamente nula, devido à inexistência de dispositivos eficazes e à limitada aptidão do solo e do sistema existente

para reter volumes significativos de água no local. Na proposta, essa capacidade é introduzida e distribuída por meio de um conjunto de soluções de drenagem sustentável que permitem o armazenamento temporário da água pluvial.

As valas – com 40 cm de largura – desenvolvidas em zonas inclinadas, com cerca de 30 cm de altura de brita, têm extensão linear de 245,82 m, enquanto as valas implantadas em superfícies planas, com 50 cm de altura de brita, têm extensão linear de cerca de 122,35 m. As áreas de secção destas duas tipologias são de 0,0919 m² e 0,1563 m², respetivamente, aplicando-se o cálculo de volume $V = A \times L$. Para as valas inclinadas, o volume calculado é de 23,60 m³, valor que deve ser entendido como máximo teórico, dado que a inclinação não permite a ocupação integral da secção com água. Nas zonas planas, o valor calculado de 19,12 m³ aproxima-se mais do volume efetivamente armazenável.

As depressões de biorretenção, escavadas cerca de 50 cm abaixo da cota envolvente, foram quantificadas com recurso ao software Revit, que atribuiu volumes máximos de 27,87 m³ e 29,43 m³, totalizando 57,3 m³ de capacidade de armazenamento superficial. Os poços de brita representam os volumes de armazenamento mais significativos: cada um integra alturas de brita de 1,5 m (no Mirante e no Largo Central) e de 40 cm (na zona do gradil), o que corresponde, globalmente, a uma capacidade de cerca de 352,3 m³. A vala de brita, com uma área de secção transversal de 0,64 m³ e 8 m de comprimento, acrescenta aproximadamente 5,12 m³ à capacidade total.

Somando todas as soluções, verifica-se a introdução de cerca de 457,5 m³ de volume de armazenamento, sem considerar a contribuição adicional potencialmente fornecida pela área de composto de plantação, que poderia elevar estes valores para uma condição ainda mais favorável.

	DIMENSÕES	VOLUME (m³)
VALAS INCLINADAS	245,8 c x 0,09 (secção)	23,6
VALAS PLANAS	122,4 c x 0,15 (secção)	19,12
DEPRESSÃO 1	50 cm de profundidade	27,9
DEPRESSÃO 2	50 cm de profundidade	29,4
POÇO BRITA MIRANTE	78,2 a x 1,5 h	117,3
POÇO BRITA LARGO CENTRAL	151,3 a x 1,5 h	227
POÇO BRITA GRADIL	21,7 a x 0,4 h	8,7
VALA BRITA	8 a x ,064 (secção)	5,12
SUPERFÍCIE TOTAL		457,5

Tabela 3 Capacidade de armazenamento introduzida pelas soluções de drenagem sustentável.

Fonte: Própria.

Tal como referido, a capacidade de armazenamento inicial do jardim é praticamente nula. Um acréscimo da ordem de 457 m³ é, por isso, significativo: são menos 457 m³ de água que deixam de ser encaminhados diretamente para o sistema tradicional de drenagem e passam a ser retidos e infiltrados localmente. Tem-se, contudo, consciência de que este contributo representa apenas uma parcela de um esforço mais amplo, necessário para corrigir as vulnerabilidades da bacia hidrográfica na qual o jardim se insere. O argumento central é que a soma de múltiplos espaços-esponja acrescentados ao espaço público pode, em conjunto, fazer diferença na mitigação dos impactos dos fenómenos pluviométricos extremos, não só pela redução do risco de cheias, mas também pela melhoria ambiental e do conforto humano, ao aumentar as áreas plantadas, reduzir as necessidades de rega e reforçar o contacto com a natureza.

Embora não exista, neste contexto, uma contabilização hidrológica exaustiva e alguns valores se baseiem em hipóteses de funcionamento, é possível recorrer a referências consolidadas. O estudo do grupo de trabalho das cheias (DGRN, 1989) avalia a bacia da Ribeira de Odivelas, numa área superior à considerada nesta investigação, e estima, para uma cheia com tempo de retorno de 2 anos ($TR = 2$), um caudal de ponta de aproximadamente 20 m³/s, associado a uma intensidade média de precipitação da ordem dos 15 mm/h, traduzindo a resposta integrada da bacia a um episódio relativamente frequente, num contexto de regime torrencial e elevada impermeabilização urbana (DGRN, 1989). Admitindo um tempo de concentração de 3 h

17 min, se os 457 m³ de capacidade de armazenamento do jardim forem interpretados como o volume que deixa de ser escoado durante cerca de 1 hora da fase ascendente da cheia, obtém-se uma redução de caudal equivalente de aproximadamente 0,15 m³/s, pela relação $Q = V / t$, em que Q, é o caudal, V, o volume e t, o intervalo de tempo considerado. Ainda que esta redução global se situe ligeiramente abaixo de 1%, é suficiente para ilustrar, de forma quantitativa, o contributo de um pequeno espaço verde na atenuação do caudal de ponta.

Se o conceito aplicado neste jardim for replicado em múltiplos jardins de bairro ao longo de toda a bacia, os volumes de armazenamento e de infiltração passam a ser somados e a ganhar expressão à escala da paisagem. Sem prejuízo do papel dos grandes parques, estes pequenos espaços podem contribuir de forma relevante.

A proposta deve, por isso, ser lida como um protótipo, um caminho a ser adotado: não se trata de construir uma única grande medida estrutural, mas de multiplicar pequenos espaços verdes adaptados às cheias.

Conclusão

Ao longo desta dissertação, procurou-se responder à questão de como um pequeno jardim pode ajudar a enfrentar problemas de drenagem numa bacia urbana sensível, atuando como infraestrutura hidrológica complementar aos sistemas principais. Partindo da leitura do ciclo da água no espaço urbano e da evolução do conceito de drenagem, verificou-se que o modelo tradicional, baseado na canalização e na evacuação rápida da água pluvial, contribuiu para agravar a vulnerabilidade das cidades a cheias, especialmente em pequenas bacias densamente impermeabilizadas, como a da Ribeira de Odivelas. A análise histórica e territorial da AML mostrou que as grandes obras hidráulicas e as redes enterradas, embora necessárias, são insuficientes quando não são complementadas por soluções que devolvem espaço à água e trabalham o risco a partir do desenho do espaço público.

A leitura da bacia da Ribeira de Odivelas confirmou essa vulnerabilidade, evidenciando como a ocupação dos leitos de cheia, o desordenamento urbano e a impermeabilização da várzea conduzem a respostas hidrológicas rápidas e concentradas. Neste contexto, o Jardim Capitão Manuel Gomes Coelho surge como um pequeno vazio verde numa zona baixa da bacia, um espaço com potencial para ser mais do que um jardim de uso quotidiano, podendo atuar simultaneamente como dispositivo de captação e retenção de água, aliviando a concentração a jusante e reforçando a sustentabilidade do próprio jardim.

A proposta de materialização desenvolvida procurou, precisamente, promover esta mudança de perspetiva. O jardim passou a ser pensado como uma pequena *esponja* e em paralelo, procurou-se que estas soluções fossem legíveis para quem utiliza o jardim, permitindo que os visitantes percebam, mesmo de forma discreta, o percurso da água quando chove e a forma como o espaço responde.

A quantificação do sistema hidrológico proposto evidenciou que esta transformação não é apenas conceptual. Os cálculos comparativos entre a situação atual e a solução projetada mostram um aumento da superfície de infiltração e da capacidade de armazenamento local, bem como uma redução dos caudais de ponta enviados para jusante, confirmando que este pequeno jardim pode, de facto, contribuir para a regulação hidrológica da bacia.

Referências Bibliográficas

Amador, M.I. e coautores. (2014). *Sistemas urbanos de águas residuais e pluviais: um olhar sobre Lisboa*. Águas de Portugal / Câmara Municipal de Lisboa.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (s.d.). *Portal da Agência Portuguesa do Ambiente*. Acedido em 13 de Março de 2026, em: <https://apambiente.pt/>.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente. (2013). *Guia de intervenção em linhas de água*.

APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. (1999). *Comemorações da Lei da Água de 1919 e reflexão sobre os sistemas institucionais de gestão dos recursos hídricos*. APRH. Lisboa.

ArqPais FCUP. (s.d.). PCA – *Arquitetura Paisagista*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Acedido em 18 de Abril de 2026, em: <https://arqpais.fc.up.pt/pca/>.

Barros, A.A.S. (2014). *The sewerage of Lisbon before the Earthquake of 1755*. Cadernos do Arquivo Municipal. 2: 9-27.

BBC News Brasil. (2023). *Barcelona transforma reservatórios de água em espaços públicos*. Acedido em 26 de Abril de 2026, em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cm23pkgj653o>.

Boer, F., Jorritsma, J. e van Peijpe, D. (eds.). (2010). *De Urbanisten and the Wondrous Water Square*. 010 Publishers. Rotterdam.

Brown, R., Keath, N. e Wong, T. (2008). *Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, current and future transition states*. Em: 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, Scotland, UK.

Câmara Municipal de Lisboa. (2015). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016–2030*. Câmara Municipal de Lisboa. Lisboa.

Câmara Municipal de Odivelas. (2009). *Caracterização biofísica*. Câmara Municipal de Odivelas. Odivelas. Acedido em 21 de Março de 2026, em: https://www.cm-odivelas.pt/cm-odivelas/uploads/document/file/249/4_1___caracterizacao_biofisica.pdf.

Câmara Municipal de Odivelas. (2023). *Construção da nova ponte sobre a Ribeira de Odivelas*. Câmara Municipal de Odivelas. Odivelas. Acedido em 10 de Maio de 2026,

em: <https://www.cm-odivelas.pt/autarquia/estrutura-e-competencias/comunicacao/noticias/noticia/teve-inicio-a-construcao-da-nova-ponte-sobre-a-ribeira-de-odivelas>.

Câmara Municipal de Odivelas. (2024). *Plano de Ação Climática de Odivelas*. Câmara Municipal de Odivelas. Odivelas. Acedido em 22 de Março de 2026, em: https://www.cm-odivelas.pt/cmodivelas/uploads/document/file/11416/pac_odivelas_global_vf_nov2024.pdf.

Carvalho, F.F. de et al. (2021). Análise quantitativa de sistema de drenagem urbana sustentável: jardim de chuva – RJ. Em: Anais do IV EURO ELECS - *Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*.

Convenção Europeia da Paisagem (Decreto n.º 4/2005). (2000). Conselho Europeu. Bruxelas.

Cidades Sustentáveis 2020. (2015). Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral do Território. Lisboa.

Chocat, B. et al. (2007). *Toward the sustainable management of urban stormwater. Indoor and Built Environment*. 16: 273-285.

Coutinho, P.M. (2023). *Uma abordagem exploratória a um plano de gestão na Ribeira de Odivelas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Lisboa.

Direção-Geral dos Recursos Naturais. (1989). *Estudo das causas das cheias na região de Lisboa: relatório síntese da bacia hidrográfica do rio de Loures e ribeira de Odivelas*. DGRN. Lisboa.

Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L327/1.

Duarte, A., Borges, B., Ramos, C., Pedro, P. e Pancada, R. (2007). *Cheias rápidas em áreas urbanas e sua percepção: o caso da bacia da ribeira de Odivelas*. Em: X Colóquio Ibérico de Geografia [CD-ROM]. Associação Portuguesa de Geógrafos. Lisboa.

Entrevista com o arquitecto Gonçalo Ribeiro Telles sobre as cheias de 1967 em 1973 04 12 [vídeo online]. (s.d.). YouTube. Acedido em 21 de Fevereiro de 2026, em: <https://www.youtube.com/watch?v=I4ISw3KjTIs>.

Farinha-Marques, P., Lameiras, J.M., Andrade, G., Carvalho, L., Carvalho, L., Costa, N., Maia, R., Teixeira, J.C. e Lindeza, A. (2018). *Projeto de execução do Parque Central da Asprela*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Porto.

Fletcher, T.D. et al. (2015). *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. Urban Water Journal. 12(7): 525-542.

Geoportal LNEG – *Laboratório Nacional de Energia e Geologia*. (s.d.). Geoportal LNEG. Acedido em 23 de Maio de 2026, em: <https://geoportal.lneg.pt/pt/>.

Green Estate. (s.d.). *Sheffield's Grey to Green scheme*. Sheffield. Acedido em 28 de Maio de 2026, em: <https://greenestate.org.uk/sheffields-grey-to-green-scheme/>.

International Landscape Biennial. (s.d.). Acedido em 30 de Maio de 2026, em: <https://landscape.coac.net/en>.

Landezine. (s.d.). *Landscape architecture platform*. Acedido em 30 de Maio de 2026, em: <https://landezine.com/>.

Lerner, J. (2003). *Acupuntura urbana*. Record. Rio de Janeiro.

Lisboa para Pessoas. (2022). *Chuvas, cheias, inundações e drenagem em Lisboa*. Acedido em 8 de Março de 2026, em: <https://lisboaparapessoas.pt/2022/12/16/chuvas-cheias-inundacoes-drenagem-lisboa/>.

Madeira, M.A.V. e Ricardo, R.P. (2016). *Constituição e propriedades do solo: densidade e porosidade do solo*. Aparentamentos de aula, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Magalhães, M.R. (2001). *A arquitectura paisagista: morfologia e complexidade*. Editorial Estampa. Lisboa.

Magalhães, M.R. (2007). *Estrutura ecológica da paisagem: conceitos e delimitação – escalas regional e municipal*. ISAPress. Lisboa.

Magalhães, M.R. (2013). *Estrutura ecológica nacional: uma proposta de delimitação e regulamentação*. ISAPress. Lisboa.

Marques, V.D.M.C. (2025). *Modelação do escoamento fluvial na bacia hidrográfica da Ribeira de Odivelas: condições atuais e cenários futuros*. Dissertação de Mestrado em

Geografia Física e Ordenamento do Território. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa. Lisboa.

Matos, J.S. (2002). *Aspectos históricos e actuais da evolução da drenagem de águas residuais e pluviais*. Revista de Engenharia Civil. 16: 13-23.

Nature Based Solutions Porto. (s.d.). Acedido em 13 de Março de 2026, em: <https://naturebasedsolutions.porto.pt/>.

NOVA FCSH. (2021). *Cólera. Em: Tempos de doença, tempos de cura*. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa. Acedido em 7 de Março de 2026, em: <https://www.fcsh.unl.pt/temposdedoenca/caso/colera/>.

NPK, Arquitetos Paisagistas Associados. (2019). *Projeto de execução do Parque Urbano da Praça de Espanha*.

Nunes, J.F. e Matos Silva, M. (2024). *Ainda as cheias... ideias para um novo ciclo nas práticas de gestão de risco de inundação*. Jornal Arquitectos. 265: 12-19.

Pena, S.B., Abreu, M.M. e Magalhães, M.R. (2016). *Planning landscape with water infiltration: empirical model to assess maximum infiltration areas in Mediterranean landscapes*. Water Resources Management.

Portela, M.M., Silva, A.T. e Melim, C.P. (2000). *O efeito da ocupação urbana nos caudais de ponta de cheias naturais em pequenas bacias hidrográficas*. Em: Congresso da Água 2000. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de Maio. Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 93. Acedido em Maio de 2026, em: <https://www.dre.pt>.

Decreto-Lei n.º 76/2016, de 9 de Novembro. Plano Nacional da Água. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 215. Acedido em 22 de Março de 2026, em: <https://www.dre.pt>.

Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de Agosto. Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional. *Diário da República*, 1.ª série, n.º 164. Acedido em 22 de Março de 2026, em: <https://www.dre.pt>.

RiskAM – Risco, Avaliação e Gestão de Riscos Naturais. (s.d.). *DISASTER – plataforma de informação sobre riscos*. Universidade de Lisboa. Lisboa. Acedido em 30 de Maio de 2026,

em:

https://riskam.ul.pt/disaster/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=13.

Rinaldi, B.M., Ronci, M. e Salizzoni, E. (2026). *Stormwater: Designing for Flood Management in Public Open Spaces*. Birkhäuser. Basel.

Robert Bray Associates. (s.d.). *Crescent Gardens*. Acedido em 24 de Maio de 2026, em: <https://robertbrayassociates.co.uk/portfolio/crescent-gardens/>.

Rodrigues, J.E.G. (2017). *Water Sensitive Cities: A vision for Lisbon's Alcântara watershed*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura Paisagista. Universidade de Lisboa. Lisboa.

Saraiva, M.G. (1999). *O rio como paisagem: gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território*. Fundação Calouste Gulbenkian / Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Lisboa.

Saraiva, M.G. (2009). *Cidades e rios: perspetivas para uma relação sustentável*. Parque Expo. Lisboa.

Silva, M.M. (2019). *Public Spaces for Water: A Design Notebook*. CRC Press. Boca Raton.

SLA. (s.d.). *SLA*. Acedido em 2 de Junho de 2026, em: <https://www.sla.dk/>.

Soares, A.S. (2024). Qual a evolução da gestão dos recursos hídricos. Universidade Lusófona. Acedido em 8 de Março de 2026, em: <https://www.ulusofona.pt/cronicas/qual-a-evolucao-da-gestao-dos-recursos-hidricos>.

susDrain. (s.d.). *The community for sustainable drainage*. Acedido em 6 de Junho de 2026, em: <https://www.susdrain.org/>.

Telles, G.R. e Magalhães, M.R. (1997). *Plano Verde de Lisboa*. Edições Colibri. Lisboa.

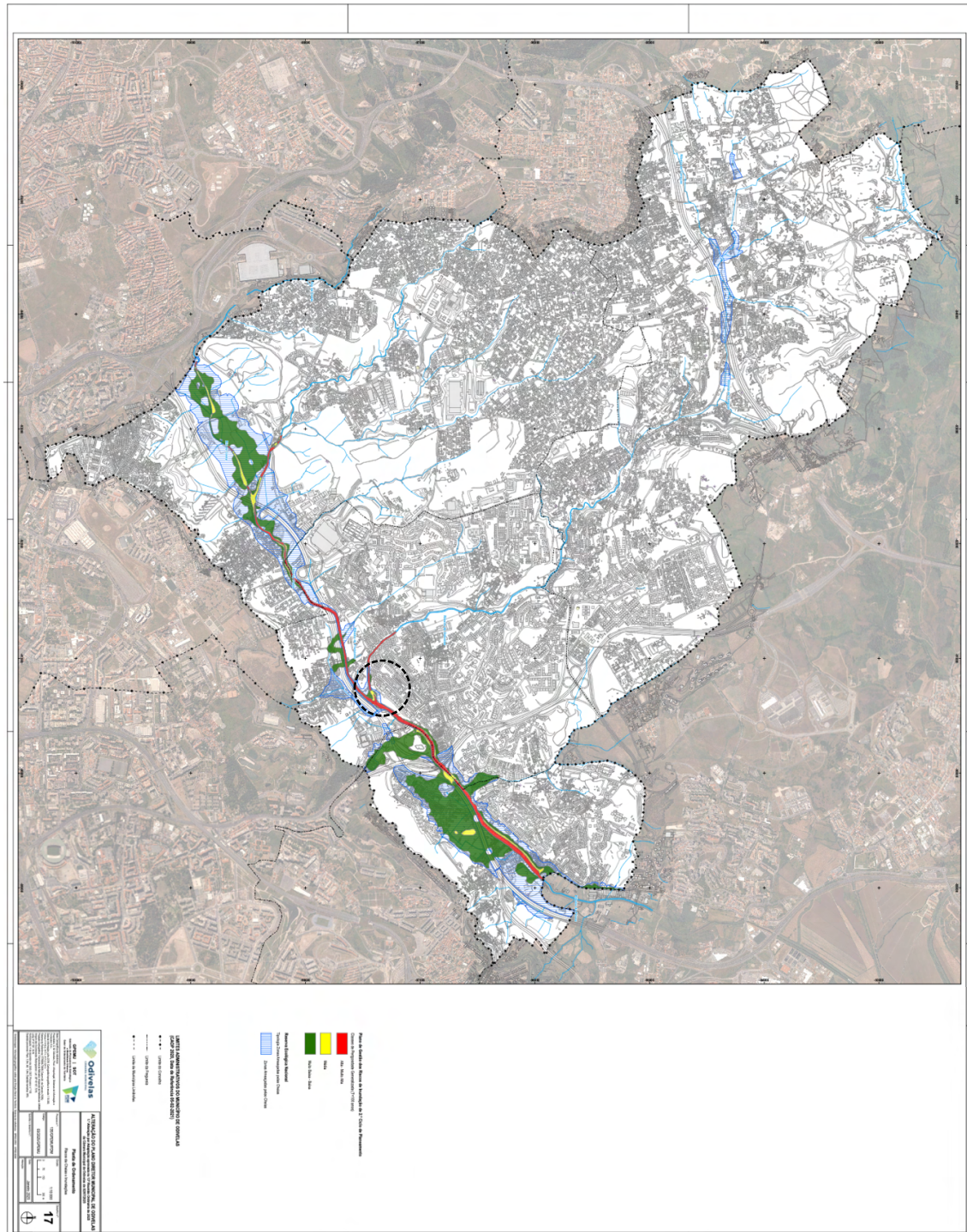
Telles, G.R. (2003). *A utopia e os pés na terra*. Instituto Português de Museus. Lisboa.

Telles, G.R. (2023). *Textos escolhidos*. 2.^a ed., reimp. Janeiro 2023, Argumentum Edições. [S.l.].

Veludo, J. (2026). *Entrevistas ao Arquiteto Paisagista José Veludo*.

Woods Ballard, B. et al. (2015). *The SuDS Manual (C753)*. CIRIA. London.

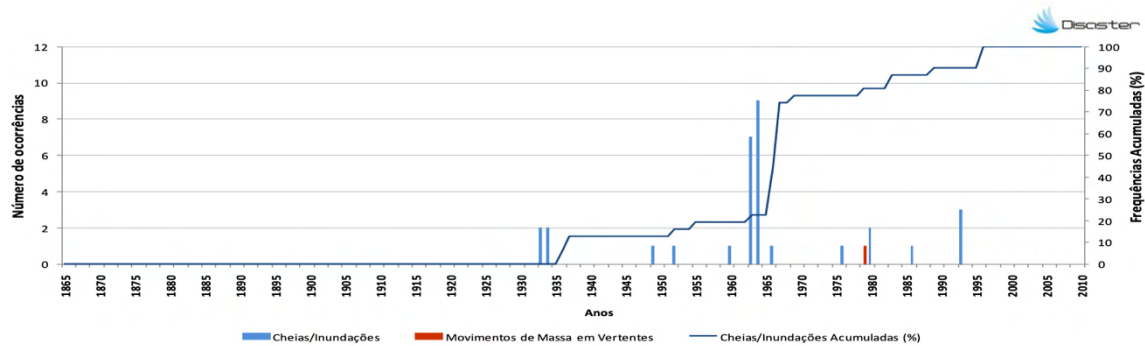
Anexo 1



Planta de Ordenamento: Risco de Cheias e Inundações

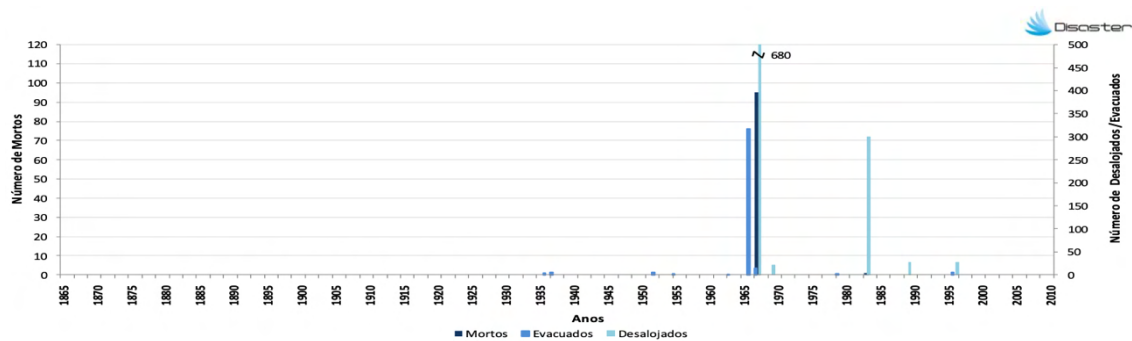
Fonte: Câmara Municipal de Odivelas.

Anexo 2



Evolução temporal do número de ocorrências DISASTER de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes (1865-2010).

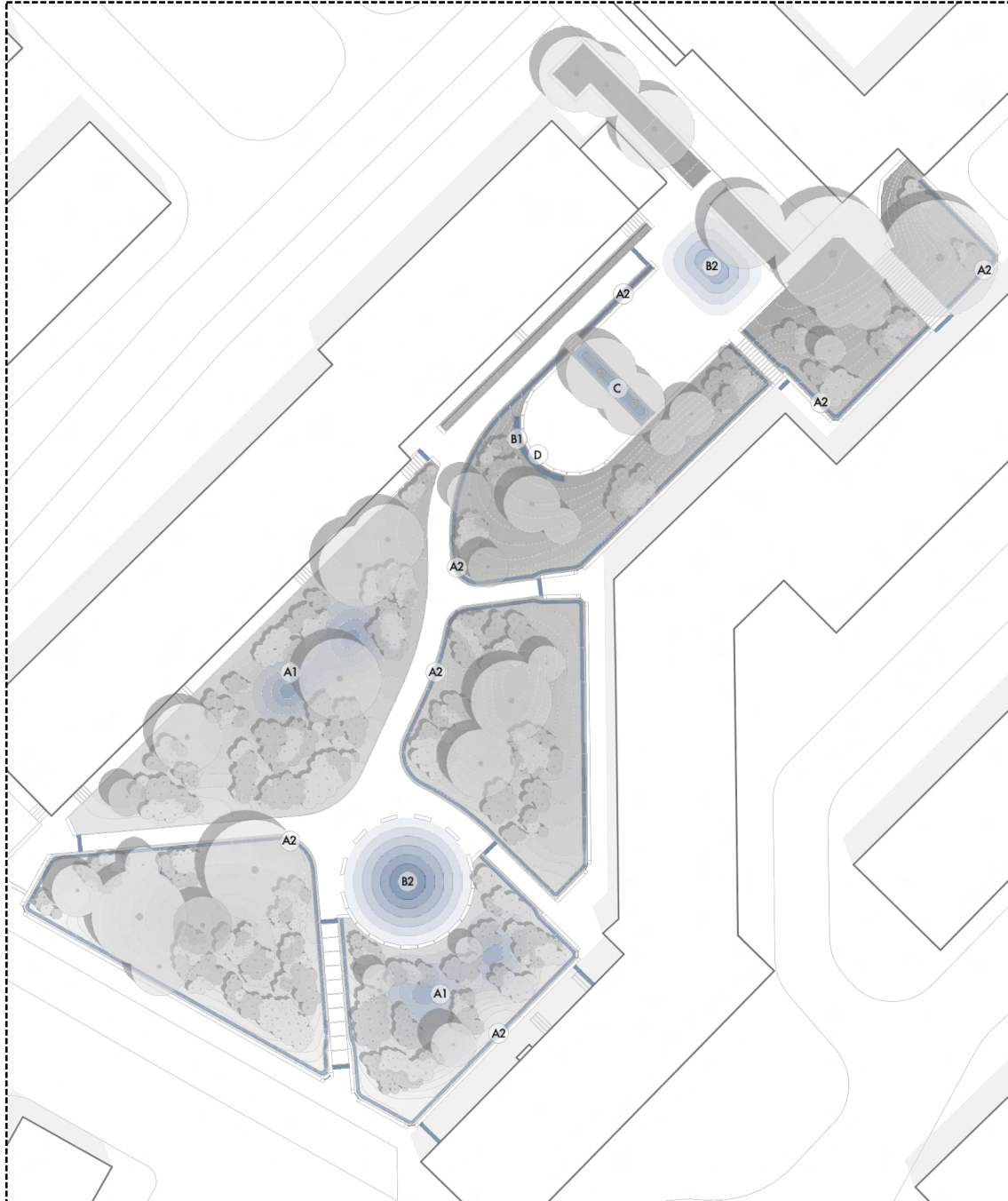
Fonte: DISASTER.



Evolução temporal dos danos sociais causados por cheias/inundações (1865-2010).

Fonte: DISASTER.

Anexo 3



Sistema hidrológico do jardim com as diferentes soluções identificadas.

Fonte: Própria.



Sistema hidrológico do jardim.

Fonte: Própria.