



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em
Cidades Sustentáveis e Inteligentes

Autor

Nataliia Zonova

Orientadores

Prof. Doutor Eduardo M. F. A. da Natividade de Jesus

Supervisor na empresa Câmara Municipal de Coimbra

Eng.º Luís Miguel dos Santos Costa



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio 2025

RESUMO

Em Coimbra, a expansão urbana e a implantação do Metro Mondego à superfície intensificaram a pressão sobre os recursos hídricos e fragmentaram as infraestruturas verdes municipais, exigindo uma abordagem integrada e multidisciplinar na sua gestão. As projeções climáticas indicam maior frequência e gravidade das secas, reforçando a urgência de medidas que aumentem a resiliência dos ecossistemas urbanos.

Para identificar as limitações das práticas atuais, analisaram-se os métodos de gestão e os registos de consumo de água (2019-2024), bem como os dados de manutenção (2021-2024) referentes a vinte espaços verdes. Detetaram-se perdas até 99,2% nos sistemas de rega. A comparação entre consumo real e necessidades calculadas por evapotranspiração revelou poupança potencial entre 29% e 61% nas zonas estudadas. A partir destes resultados, foram propostas soluções técnicas adaptadas às condições locais, destinadas a reduzir desperdícios e aumentar a eficiência.

Na fase piloto, no Jardim da Solum, foram inquiridos 797 utilizadores para alinhar as propostas com as necessidades reais. Deste processo resultou um plano com cenários de intervenção, incluindo a seleção de espécies adaptadas ao clima mediterrânico e a introdução de Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS). Modelaram-se diferentes tipos de cobertura, seguidos de análises técnico-económicas. Os cenários sem relvado indicaram uma redução de 53,4% no consumo de água e de 60,5% nos custos operacionais, com um período de retorno estimado inferior a três anos.

Com base nestes resultados, foi desenvolvido um conjunto de diretrizes operacionais replicáveis, com potencial de aplicação noutras zonas da cidade. As recomendações incluem métricas de monitorização da eficiência hídrica e propostas operacionais dirigidas à Câmara Municipal de Coimbra. O modelo pode ser ajustado a outros contextos urbanos com características semelhantes, oferecendo uma base prática para decisões futuras na gestão de espaços verdes.

Palavras-chave:

gestão de espaços verdes, eficiência hídrica, evapotranspiração, coberturas vegetais, SuDS, adaptação às alterações climáticas, participação pública

ABSTRACT

In Coimbra, urban expansion and the surface-level implementation of the Mondego Metro have increased pressure on water resources and fragmented municipal green infrastructure, demanding an integrated, multidisciplinary management approach. Climate projections point to more frequent and severe droughts, underscoring the urgency of measures that enhance the resilience of urban ecosystems.

To identify the limitations of current practices, management methods and water-consumption records (2019-2024) were analysed, along with maintenance data (2021-2024) from twenty green spaces. Losses of up to 99.2% were detected in irrigation systems. Comparing actual consumption with evapotranspiration-based needs revealed potential savings of between 29% and 61% in the areas studied. Based on these findings, technical solutions tailored to local conditions were proposed to cut waste and improve efficiency.

During the pilot phase in Jardim da Solum, 797 users were surveyed to align proposals with real needs. This process produced a plan with intervention scenarios, including the selection of species suited to the Mediterranean climate and the introduction of Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS). Different ground-cover types were modelled and subjected to techno-economic analysis. Scenarios without turf indicated a 53.4% reduction in water use and a 60.5% drop in operational costs, with an estimated payback period of less than three years.

Based on these results, a set of replicable operational guidelines was developed, with potential application elsewhere in the city. The recommendations include metrics for monitoring water-use efficiency and operational proposals for Coimbra City Council. The model can be adapted to other urban contexts with similar characteristics, providing a practical basis for future decision-making in green-space management.

Keywords:

green space management, water efficiency, evapotranspiration, vegetation covers, SuDS, climate change adaptation, public participation

AGRADECIMENTO

Gostava de agradecer, com simplicidade, a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho, não apenas pelos contributos técnicos, mas também pela confiança, pela paciência e pelo apoio nos momentos mais exigentes.

Ao Prof. Doutor Eduardo Natividade de Jesus, agradeço a orientação rigorosa e direta, a confiança e o respeito pelas minhas ideias, que me ajudaram a manter o rumo desde o início.

Ao Eng.º Luís Miguel dos Santos Costa, pela forma como acompanhou todo o processo com disponibilidade, pela confiança, pelos desafios colocados e por ter criado o espaço necessário para que esta investigação ganhasse forma.

À Eng.ª José Daniel Cardoso Vilhena Pereira da Silva e à sua equipa dos Espaços Verdes, agradeço a disponibilidade constante, as explicações técnicas e o tempo dedicado em visitas e esclarecimentos, mesmo nos dias em que havia pouco tempo para tudo.

À arquiteta Joana Castanho da Silva Sobral, pelo cuidado na partilha de informação, pela ajuda sempre precisa e pela presença constante ao longo das várias etapas da análise.

Ao Eng.º Nuno Silva, da Águas de Coimbra, pelas explicações técnicas e pela boa vontade em facilitar o acesso aos dados.

Ao Eng.º André Teixeira, dos Jardins do Mondego, pela partilha generosa de conhecimento, pela disponibilidade contínua e pelo tempo dedicado.

A todas as pessoas da Câmara Municipal de Coimbra com quem tive a oportunidade de colaborar durante o estágio, deixo um agradecimento especial, não só pela cooperação, mas também pela simpatia, pelo ambiente de trabalho e pela forma como me fizeram sentir incluída desde o primeiro dia.

Ao meu filho, pela paciência e por entender que este momento era importante. Ele nunca foi esquecido. Ao meu marido, pela presença tranquila e pelo apoio incondicional, mesmo quando o tempo ou a atenção eram limitados. À minha mãe e à minha irmã, pela presença constante, fosse para rever um texto, fosse só para ouvir.

E aos amigos, pelo apoio discreto nos momentos certos.

Obrigada, também a todas as pessoas que participaram nos inquéritos e que, com pequenos gestos ou palavras, contribuíram para que este trabalho chegasse ao fim.

ÍNDICE

Resumo.....	i
Abstract	ii
Agradecimento	iii
Índice	iv
Índice de Anexos e Apêndices	vi
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Quadros	ix
Lista de Siglas e Acrónimos.....	x
Lista de Símbolos	xi
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	3
2 Enquadramento Teórico.....	5
2.1 Contexto e Relevância do Problema.....	5
2.1.1 Contexto Global e Regional: A Crise Hídrica e a Urbanização	5
2.1.2 Impactos Climáticos e Fenómenos Urbanos.....	7
2.1.3 Desafios na Gestão de Zonas Verdes Face às Alterações Climáticas	9
2.1.4 Particularidades de Coimbra.....	11
2.2 Revisão de Literatura e Abordagens Principais	15
2.2.1 Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos.....	15
2.2.2 Gestão Eficiente da Água e Inovação Tecnológica	23
2.2.3 Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável.....	38
2.2.4 Uso de Espécies Vegetais Nativas e Adaptadas	46
2.2.5 Planeamento Urbano e Participação Comunitária	55
2.3 Abordagens Interdisciplinares e Estratégias de Reorganização	58
3 Diagnóstico da Gestão Atual dos Espaços Verdes em Coimbra	60
3.1 Definição da Zona de Estudo e Análise Comparativa Preliminar das Áreas Verdes	60
3.2 Diagnóstico Geral das Práticas de Gestão (Coimbra)	63
3.2.1 Consumo de Recursos Hídricos nos Espaços Verdes Urbanos	63
3.2.2 Rotinas de Manutenção e Custos Operacionais	72
3.2.3 Biodiversidade e Estado da Vegetação Urbana.....	76
3.3 Cálculo da Necessidade de Água para Irrigação.....	79
3.4 Análise Detalhada do Jardim da Solum.....	82
3.4.1 Caracterização do Jardim da Solum	82

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

3.4.2	Infraestruturas e Condições do Espaço.....	83
3.4.3	Eficiência Hídrica e Sistemas de Rega	85
3.4.4	Composição e Estado da Vegetação Local	85
3.4.5	Acessibilidade e Usos do Espaço	86
3.4.6	Síntese de Problemas e Oportunidades	87
3.5	Perceção e Envolvimento da Comunidade.....	88
3.5.1	Metodologia de Inquérito à População.....	88
3.5.2	Resultados do Inquérito e Expectativas dos Utilizadores.....	90
3.6	Recomendações Práticas para o Jardim da Solum	94
3.6.1	Comunicação e Envolvimento Comunitário	94
3.6.2	Cenários de Cobertura Vegetal e Implicações na Eficiência	95
3.6.3	Reorganização Espacial e Seleção de Espécies Vegetais	99
3.6.4	Integração de Soluções de Drenagem Sustentável (SuDS).....	103
3.6.5	Considerações Finais e Perspetivas Futuras para o Jardim da Solum	105
4	Recomendações e Implementação	106
5	Conclusões Finais e Trabalhos Futuros.....	111
5.1	Conclusões	111
5.2	Perspetivas e Trabalhos Futuros	112
6	Enquadramento da Entidade de Acolhimento e Atividades de Estágio	114
	Referências bibliográficas	116

ÍNDICE DE ANEXOS E APÊNDICES

Anexos	130
Anexo 1	Coefficientes e Parâmetros Técnicos para a Estimativa das Necessidades Hídricas. Adaptado de [80], [85]-[87], [95]..... 130
Anexo 2	Exemplo do Folheto Informativo da Consulta Pública, Londres 131
Anexo 3	Proposta de Intervenção e Reestruturação na Zona Envolvente do Jardim da Solum (2024)..... 132
Apêndices	133
Apêndice 1	Caracterização Geral dos Espaços Verdes na Zona de Estudo em Coimbra... 133
Apêndice 2	Consumos Hídricos Anuais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo..... 135
Apêndice 3	Consumos Hídricos Mensais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo..... 136
Apêndice 4	Inventário de Tipos de Vegetação na Zona de Estudo 137
Apêndice 5	Custos de Manutenção Anuais dos Espaços Verdes da Zona de Estudo..... 140
Apêndice 6	Custos de Manutenção Anuais por m ² dos Espaços Verdes da Zona de Estudo..... 141
Apêndice 7	Consumos de Água Mensal por contadores (2020-2024)..... 142
Apêndice 8	Perdas Mensais e Anuais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo 144
Apêndice 9	Caracterização e Coeficientes Aplicados nas Zonas Analisadas 145
Apêndice 10	Comparação entre médias observadas (2015-2024) e valores climatológicos de referência (FAO CLIMWAT, 1980-2000)..... 145
Apêndice 11	Cálculos Detalhados das Necessidades Hídricas e Consumos Reais (2024)..... 146
Apêndice 12	Inquéritos Aplicados 150
Apêndice 13	Resultados dos Inqueridos 157
Apêndice 14	Estimativa de Custos de Implantação. Com base de [185]-[192] 164
Apêndice 15	Custos Detalhados de Implantação, Consumo de Água e Manutenção por Tipologia de Cobertura Vegetal 164
Apêndice 16	Comparação de Estratégias de Cobertura Vegetal com Base em Custos Anuais e Consumo Hídrico..... 165
Apêndice 17	Período de Retorno (em anos) de Investimento Alternativo 166
Apêndice 18	Situação Atual do Jardim da Solum e Zona Envolvente (AutoCAD) 167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução da população urbana e rural em Portugal (1950-2050). Com base em [5]. . 6	6
Figura 2.2 - Impacto do uso do solo na temperatura urbana. Adaptada de [14]...... 8	8
Figura 2.3 - Carta administrativa do município de Coimbra. Com base em [25], [26]. 11	11
Figura 2.4 - Distribuição das categorias de solo urbano em Coimbra (%). Com base em [24]. 12	12
Figura 2.5 - Síntese dos indicadores de qualidade e benefícios das zonas verdes. Adaptada de [61]. 19	19
Figura 2.6 - Exemplos de projetos de sustentabilidade com apoio público: (a) <i>Bring Back the Pollinators</i> , Xerces Society, EUA; (b) <i>Buurtboomtuintjes</i> , Natuur & Milieu Team Zuid, Países Baixos; (c) <i>Daktuin idverde</i> , Weerproof, Países Baixos; (d) <i>Healing Gardens</i> , Bloei & Groei, Países Baixos. Fonte: [75]-[78]. 21	21
Figura 2.7 - Princípios para a otimização dos sistemas de irrigação. Elaboração própria. 23	23
Figura 2.8 - Principais etapas do projeto de rega. Elaboração própria. 24	24
Figura 2.9 - Movimentação comparativa da água em solos. Adaptada de [83] 25	25
Figura 2.10 - Principais tipos de sistemas de irrigação. Com base em imagens de [89]. 28	28
Figura 2.11 - Distribuição e disposição correta dos aspersores para cobertura uniforme. Adaptada de [97]. 30	30
Figura 2.12 - Esquema funcional de um sistema de rega automatizado. Elaboração própria. 31	31
Figura 2.13 - Esquema simplificado da rede LoRa. Elaboração própria. 36	36
Figura 2.14 - Controlo de escoamento pluvial em diferentes níveis. Adaptada de [122]. 39	39
Figura 2.15 - Pilares dos objetivos dos SuDS. Elaboração própria. 42	42
Figura 2.16 - Exemplo de integração de SuDS em contexto urbano (Londres). Adaptada de [129] 43	43
Figura 2.17 - Exemplos de parques com espécies de baixo consumo: (a) Pollinator & Bird Garden, Pensilvânia, EUA; (b) Red Butte Garden, Utah, EUA; (c) Healdsburg Garden, Califórnia, EUA; (d) Parque Urbano de Vila Fria, Portugal. Fonte: [144]-[147]. 49	49
Figura 2.18 - Exemplos de integração de prados urbanos em diferentes contextos paisagísticos: a) Fosso da Torre (Londres, Reino Unido); b) High Line (Nova Iorque, EUA). Fonte: [153], [154] 51	51
Figura 2.19 - Exemplos de arbustos adaptados: (a) <i>Lavandula stoechas</i> , (b) <i>Rosmarinus officinalis</i> , (c) <i>Thymus villosus</i> e (d) <i>Salvia officinalis</i> . Fonte: [89], [160] 53	53
Figura 2.20 - Exemplo de envolvimento e sensibilização da comunidade. Fonte: [176] 57	57
Figura 2.21 - Componentes essenciais para a eficiência hídrica em espaços verdes urbanos. Elaboração própria. 59	59
Figura 3.1 - Mapa geoespacial atualizado da zona de estudo em Coimbra 61	61
Figura 3.2 - a) Módulo de comunicação Itron Cyble, b) Contador mecânico Itron Aquadis e c) Conjunto contador e módulo de comunicação. Fonte: [177], [178]. 64	64

Figura 3.3 - a) Programador de rega a pilhas com bluetooth TBOS-BT com consola portátil de programação; b) Programador de rega STP4PL. Fonte: [179]-[181].	65
Figura 3.4 - Consumo mensal de água (2020-2024).	67
Figura 3.5 - Detecção de anomalias de consumo em leituras horárias: (a) Rega programada, (b) Consumo contínuo, (c) Ruturas pontuais, (d) Ruturas prolongadas.	70
Figura 3.6 - Localização do Jardim da Solum em Coimbra	82
Figura 3.7 - Transformações no Jardim da Solum entre 2022 e 2024. Imagens © Google Earth	83
Figura 3.8 - Estado atual do Jardim da Solum (2024). Fotografia da autora.	83
Figura 3.9 - Caminhos informais e degradação da vegetação no Jardim da Solum (2024). Fotografia da autora.	84
Figura 3.10 - Raízes expostas e interação com a calçada no Jardim da Solum (2024). Fotografias da autora.	86
Figura 3.11 - Tipologia dos questionários aplicados no Jardim da Solum	88
Figura 3.12 - Distribuição dos participantes por perfil de inquiridos	90
Figura 3.13 - Expectativas prioritárias dos utilizadores para o Jardim da Solum	94
Figura 3.14 - Planta funcional com proposta de reorganização espacial e coberturas vegetais para o Jardim da Solum.	100
Figura 3.15 - Integração dos SuDS nas zonas funcionais do Jardim da Solum	104

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Distribuição global da água. Com base em [1].....	5
Quadro 2.2 - Principais medidas do PMAC-C para espaços verdes e recursos hídricos. Adaptado de [26].....	14
Quadro 2.3 - Classificação das infraestruturas verdes e azuis nas SbN. Com base em [48].	17
Quadro 2.4 - Comparação entre métodos de irrigação em espaços verdes urbanos. Com base em [90], [91], [95]	29
Quadro 2.5 - Principais soluções urbanas de drenagem sustentável. Com base em [124], [125]..	40
Quadro 2.6 - Principais fatores de custo na comparação entre SuDS e drenagem convencional. Adaptado de [128].....	43
Quadro 2.7 - Fatores-chave na escolha de espécies vegetais. Com base em [136].....	47
Quadro 3.1 - Exemplo de áreas de rega e consumos hídricos (excerto)	68
Quadro 3.2 - Análise comparativa de perdas hídricas e custos associados (2023-2024)	70
Quadro 3.3 - Resumo comparativo das necessidades hídricas e consumos reais (2024)	81
Quadro 3.4 - Volume mensal estimado e ajuste sazonal por zona (referência: julho = 100%)	81
Quadro 3.5 - Caracterização das árvores no Jardim da Solum. Com base no cadastro municipal.....	85
Quadro 3.6 - Estimativa de custos de implantação (resumo). Com base em [186]-[193].	95
Quadro 3.7 - Custos médios de implantação, de água e manutenção por tipo de cobertura vegetal.....	96
Quadro 3.8 - Avaliação comparativa dos cenários de cobertura vegetal de 1000 m ² (excerto)	97
Quadro 3.9 - Período de retorno (em anos) de investimento alternativo (excerto).....	97

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC	AC, Águas De Coimbra, E.M.
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CCP	Código dos Contratos Públicos
CEV	Código do espaço verde
CIL	Código Identificação do Local
CMC	Câmara Municipal de Coimbra
COP21	Acordos Climáticos de Paris, 21 ^a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática
DGE	Direção-Geral da Educação
INE	Instituto Nacional de Estatística
ID	Identificador Único
IoT	Internet das Coisas
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
MIME	Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar
NOAD	Número de Obras de Administração Direta (Centro de Custo)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PENSAARP2030	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030
PDM	Planos Diretores Municipais
PMAC-C	Plano Municipal de Ação Climática de Coimbra
RASARP 2024	Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal
REA	Relatório do Estado do Ambiente
SbN	Soluções Baseadas na Natureza
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SuDS	Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável
UHI	<i>Urban Heat Island</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área da zona de rega (m^2)
E_f	Eficiência do sistema de rega (adimensional ou %)
ET_0	Evapotranspiração de referência (mm/dia)
ET_c	Evapotranspiração da vegetação em condições ótimas (mm/dia)
ET_c real	Evapotranspiração da vegetação ajustada ao stress hídrico (mm/dia)
K_c	Coefficiente cultural da espécie vegetal
K_d	Coefficiente de densidade de cobertura vegetal
K_e	Coefficiente da espécie predominante da hidrozona
K_j	Coefficiente de jardim (ajustado à espécie, densidade e microclima)
K_m	Coefficiente de microclima (sombra, exposição, abrigo, etc.)
K_s	Coefficiente de stress hídrico (adimensional)
NIR	Necessidade líquida de rega (mm/dia)
P_e	Precipitação efetiva (mm/dia)
V	Volume bruto de água a aplicar (m^3)

1 INTRODUÇÃO

Nesta introdução apresentam-se os principais pontos abordados neste trabalho, destacando a relevância do tema e os objetivos da pesquisa. A partir deste ponto, serão discutidos os aspetos teóricos e metodológicos que sustentam a análise realizada.

1.1 Enquadramento

A rápida urbanização, aliada aos efeitos cada vez mais intensos das alterações climáticas, impõe desafios significativos às cidades modernas. Esta realidade torna-se particularmente evidente na gestão dos recursos naturais e na qualidade de vida das populações. Ondas de calor, secas prolongadas e precipitações intensas tornaram-se cada vez mais frequentes e severas. Estes eventos extremos agravam a escassez hídrica, aumentam as temperaturas nas áreas densamente urbanizadas e intensificam a degradação ambiental, comprometendo o equilíbrio necessário entre o desenvolvimento urbano e a sustentabilidade ecológica.

Os espaços verdes urbanos, neste cenário, assumem relevância determinante. Eles funcionam como infraestruturas naturais que contribuem para a regulação do microclima, a infiltração das águas pluviais e a melhoria da qualidade do ar, ao mesmo tempo que ajudam a mitigar os riscos de inundações. Para lá dos benefícios ambientais, oferecem locais para atividades recreativas, interações sociais e contacto com a natureza, promovendo o bem-estar físico e mental. Contudo, o verdadeiro impacto destes espaços depende de uma gestão bem estruturada e adaptada às necessidades dos cidadãos.

Apesar da importância dos espaços verdes, a sua gestão sustentável enfrenta obstáculos significativos, como a pressão urbanística, a escassez de água e os efeitos das alterações climáticas. Para ultrapassar essas dificuldades, impõe-se a implementação de estratégias que articulem conhecimentos científicos, planeamento interdisciplinar e práticas adaptativas. Tais estratégias devem integrar tecnologias inovadoras e priorizar a eficiência no uso de recursos, para dar resposta às necessidades urbanas.

Diante deste contexto, este trabalho centra-se na análise e aplicação de estratégias para a gestão sustentável de espaços verdes urbanos, com especial atenção à otimização dos recursos hídricos e à seleção de espécies vegetais adaptadas ao clima local. O estudo foca-se na cidade de Coimbra, em Portugal, com o objetivo de identificar soluções práticas que fortaleçam a resiliência ambiental da cidade e possam servir como modelo replicável para outras realidades urbanas.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver e avaliar estratégias integradas para a gestão sustentável de espaços verdes urbanos em Coimbra, com foco na utilização eficiente de recursos hídricos e na adoção de práticas adaptativas às condições climáticas locais.

Os objetivos específicos incluem:

- Realizar um diagnóstico aprofundado das práticas atuais de gestão dos espaços verdes, analisando as infraestruturas existentes e os métodos de rega e manutenção, utilizando dados técnicos e económicos aplicados às zonas verdes selecionadas.
- Identificar os principais obstáculos à eficiência no uso da água e à conservação da biodiversidade nos ambientes urbanos, quantificando as necessidades hídricas dos espaços verdes e evidenciando os pontos críticos de ineficiência no consumo.
- Explorar o potencial das espécies vegetais nativas e adaptadas para promover a sustentabilidade, avaliando o desempenho destas face às condições climáticas locais e a sua capacidade para reduzir o consumo de água, além de comparar os custos e benefícios operacionais associados ao seu uso, com atenção aos impactos a longo prazo na gestão urbana.
- Analisar a perceção e estimular o envolvimento das comunidades locais na zona mais problemática, utilizando métodos quantitativos e qualitativos para recolher dados sobre as opiniões e expectativas dos habitantes, para reforçar as estratégias participativas na gestão dos espaços verdes.
- Propor soluções que combinem a seleção criteriosa de espécies vegetais, considerando o *feedback* da comunidade e a comparação da eficiência hídrica entre as alternativas disponíveis. Implementar dos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS), o que permite reduzir os riscos de inundações e otimizar o ciclo hídrico urbano, integrando estas propostas nas infraestruturas existentes.
- Formular recomendações para políticas públicas e práticas replicáveis, com base nos resultados obtidos durante o estudo. Espera-se, assim, produzir diretrizes técnicas e estratégicas que possam ser aplicadas em outras realidades urbanas, além de identificar indicadores de sucesso para orientar futuras iniciativas de gestão sustentável.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada combina técnicas qualitativas e quantitativas, articulando diferentes áreas do conhecimento na análise da gestão de espaços verdes urbanos. As etapas a seguir descrevem, com maior pormenor, as atividades desenvolvidas ao longo do estudo.

1. Seleção da área de estudo

A definição da área de estudo baseou-se em critérios técnicos e estratégicos, considerando a densidade populacional, a diversidade de infraestruturas urbanas e a presença de transformações recentes de grande impacto, como a construção da linha de Metro Mondego. Escolheu-se uma área central de Coimbra que, pela sua complexidade e relevância, serve de modelo para a replicação de soluções em contextos semelhantes.

2. Recolha de dados

A segunda fase do estudo envolveu uma análise detalhada das infraestruturas verdes na área selecionada. Este diagnóstico baseou-se em dados secundários, tais como relatórios técnicos, documentos municipais, projetos e outra documentação existente, complementados por dados geoespaciais, observações diretas e medições em campo. O levantamento abrangeu áreas com características distintas, considerando o histórico de uso, intervenções recentes e o estado atual.

3. Análise técnica e económica

Esta etapa examinou a eficiência dos sistemas hídricos, o estado de conservação da vegetação e as condições de manutenção. Procede-se ao cálculo das necessidades hídricas e à avaliação da eficiência dos sistemas de rega. Da mesma forma, consideraram-se as pressões urbanísticas, identificando as áreas mais vulneráveis e com maior necessidade de intervenção.

4. Diagnóstico detalhado da zona selecionada

A partir do diagnóstico geral, selecionou-se uma subzona mais problemática, com base na eficiência hídrica, no estado das infraestruturas, no impacto ambiental das intervenções anteriores e no potencial para a aplicação de soluções sustentáveis. Este diagnóstico incluiu a avaliação técnica das condições da vegetação e das infraestruturas associadas, bem como o estudo das interações entre vegetação, solo e sistemas de gestão hídrica, recolhendo dados essenciais para a formulação de propostas adaptadas à realidade local.

5. Envolvimento e perceção da comunidade local

Outro aspeto fundamental para o sucesso das intervenções propostas foi a aceitação e o envolvimento da comunidade local. Para tal, foram realizados inquéritos, conduzidos presencialmente e online, para recolher informações sobre as preferências dos cidadãos quanto ao uso, características desejadas e melhorias no espaço verde em gestão. As perguntas cobriram temas como a funcionalidade do espaço e a perceção

da comunidade na formulação do planeamento. Posteriormente, os dados foram examinados através de métodos quantitativos e qualitativos, permitindo compreender padrões e integrar as perceções da comunidade no planeamento das intervenções.

6. Seleção de espécies vegetais nativas e adaptadas

Após conhecer a situação atual, realizou-se uma seleção de espécies vegetais nativas e adaptadas às condições climáticas. Esta escolha fundamentou-se numa revisão da literatura científica, complementada por consultas a especialistas em ecologia urbana e botânica. Os critérios técnicos utilizados incluíram a resistência à seca, a capacidade de regeneração em condições adversas e o contributo para a biodiversidade local. Esta análise de viabilidade avaliou a sua capacidade de reduzir a necessidade de rega e manutenção a longo prazo.

7. Integração de sistemas urbanos de drenagem sustentável (SuDS)

Paralelamente, analisou-se a gestão hídrica através de cenários preliminares para a implementação dos SuDS na zona selecionada. Trata-se de opções apresentadas de forma esquemática, que visam identificar estratégias para otimizar a infiltração e reutilização das águas pluviais, reduzir o risco de inundações e melhorar a qualidade ambiental. Estas propostas iniciais servem como ponto de partida para orientar futuros estudos e intervenções mais aprofundadas.

8. Formulação de recomendações

Por fim, os resultados obtidos serviram para desenvolver recomendações práticas para a gestão sustentável de espaços verdes urbanos, sobretudo do ponto de vista técnico e social. Estas recomendações reforçam a viabilidade das soluções propostas e incentivam a sua replicação em contextos semelhantes. O objetivo central é ajudar a definir diretrizes que melhorem a resiliência ambiental e a sustentabilidade.

Ao fim desta introdução, apresenta-se a estrutura do trabalho:

- Capítulo 2 - Enquadramento teórico: Aborda os fundamentos e as abordagens da gestão sustentável dos espaços verdes, com foco na eficiência hídrica, nas alterações climáticas, nas práticas de rega e na seleção de espécies.
- Capítulo 3 - Diagnóstico da gestão atual em Coimbra: Apresenta um diagnóstico detalhado das práticas vigentes na cidade, identificando fragilidades e oportunidades na zona de estudo, com especial atenção ao Jardim da Solum.
- Capítulo 4 - Recomendações e implementação: Exibe os resultados práticos e as propostas de intervenção para otimizar o consumo de água, integrar os SuDS e promover o envolvimento comunitário, com soluções replicáveis.
- Capítulo 5 - Conclusões finais e trabalhos futuros: Sintetiza os achados do estudo, discute as implicações do estudo e propõe diretrizes para futuras iniciativas.
- Capítulo 6 - Enquadramento da Entidade de Acolhimento e Atividades de Estágio: Fornece informações sobre o contexto institucional que suportou o desenvolvimento deste trabalho.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo aborda os fundamentos teóricos do estudo, analisando os desafios da gestão sustentável de espaços verdes urbanos. Com base na literatura científica, são explorados temas que promovem a resiliência ambiental e social, criando uma ligação entre os conceitos discutidos e as práticas propostas para o caso de estudo.

2.1 Contexto e Relevância do Problema

As cidades modernas enfrentam pressões crescentes relacionadas com o crescimento demográfico, o alargamento das áreas construídas e a instabilidade climática. Em muitas regiões, a oferta de água não acompanha a procura, agravando o risco de escassez. Esta situação intensifica-se quando analisamos as zonas verdes urbanas, frequentemente vulneráveis a uma pressão resultante de uma urbanização rápida e, muitas vezes, insuficientemente planeada. Neste contexto, é importante adotar estratégias que consigam equilibrar o desenvolvimento urbano com a proteção dos recursos naturais. A escassez hídrica e as necessidades crescentes de rega obrigam a uma gestão eficiente, capaz de minimizar o consumo de água sem comprometer a qualidade e as funções ambientais dos espaços verdes.

Os subcapítulos seguintes abordam a crise hídrica em diferentes escalas e o modo como os fenómenos climáticos afetam as cidades e as suas zonas verdes, culminando numa análise preliminar de desafios específicos de Coimbra.

2.1.1 Contexto Global e Regional: A Crise Hídrica e a Urbanização

A água doce é necessária para a vida e para o desenvolvimento humano, mas a sua disponibilidade no planeta permanece muito restrita. Embora 70% da superfície terrestre seja coberta por água, 97% desse volume é composto por água salgada, enquanto apenas 3% corresponde a água doce. Uma porção significativa da água doce encontra-se congelada ou armazenada no subsolo, deixando uma quantidade extremamente limitada disponível na superfície em rios, lagos e na atmosfera [1]. A distribuição desses recursos hídricos é apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Distribuição global da água. Com base em [1].

Fonte da Água (Descrição)	Volume (km³)	% do Total
Água Salgada (Oceanos, Mares e Baías)	1.338.986.367	96.54%
Água Doce Congelada (Glaciares, Neves, Permafrost)	24.062.914	1.76%
Água Subterrânea (Doce, armazenada no subsolo)	10.528.827	0.76%
Água Superficial e Atmosférica (Lagos, Rios, Pauis, Atmosfera)	117.484	0.034%

Esta pequena percentagem torna-se ainda mais preocupante, devido à distribuição desigual entre regiões, ao rápido crescimento populacional e à degradação da qualidade da água causada por atividades humanas [2].

Urbanização e Consumo de Água

O aumento populacional e a rápida urbanização acentuam os desafios relacionados à água doce, um recurso já limitado. Desde 1950, essa população mais do que triplicou, passando de cerca de 2,5 mil milhões para 8 mil milhões em 2023. As projeções indicam que a população mundial poderá ultrapassar os 10 mil milhões até 2080 [3]. Paralelamente, estima-se que, até 2050, aproximadamente 66% da população mundial residirá em áreas urbanas [4], traduzindo uma tendência global de urbanização acelerada, frequentemente concentrada em grandes centros.

Em Portugal, o panorama demográfico revela algumas especificidades: embora a população tenha passado de cerca de 8 milhões em 1950 para 10 milhões em 2024, prevê-se uma redução gradual até 2050. Apesar dessa estabilização, verifica-se um aumento significativo da urbanização. Enquanto em 1950 apenas cerca de 30% da população vivia em áreas urbanas, esse número ultrapassou os 70% em 2024 e projeta-se que supere os 80% até 2050 [5]. A Figura 2.1 ilustra esse processo, destacando momentos importantes, como o de 1993, quando a população urbana superou a rural pela primeira vez.

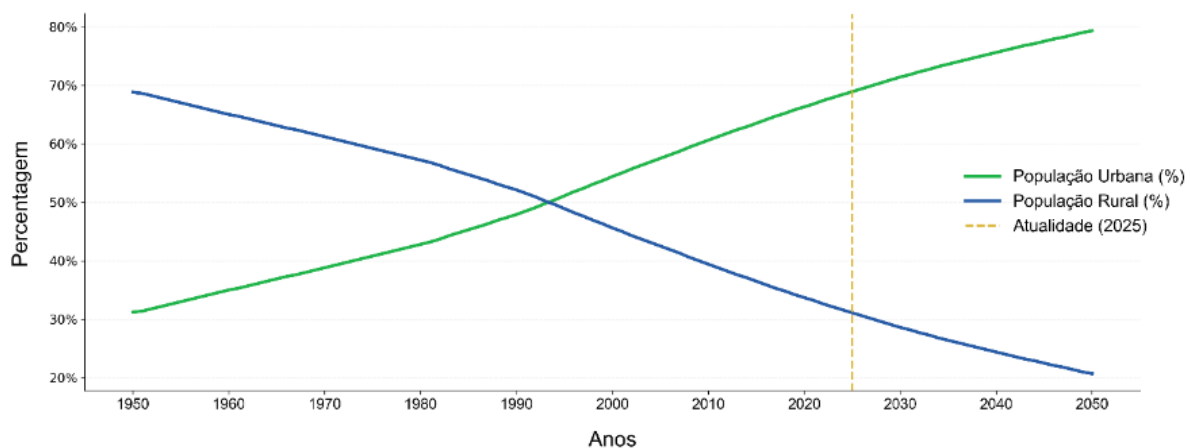


Figura 2.1 - Evolução da população urbana e rural em Portugal (1950-2050). Com base em [5].

Esta concentração urbana intensifica as dificuldades associadas à eficiência do uso da água, sobrecarregando infraestruturas muitas vezes desatualizadas. A impermeabilização do solo, consequência direta da expansão urbana, reduz a capacidade de infiltração das águas pluviais, aumentando os riscos de inundações, de escoamentos superficiais e limitando a recarga natural dos aquíferos, que desempenham um papel essencial no fornecimento de água para irrigação. Com menos infiltração e maior dependência de fontes artificiais, a rega dos espaços verdes urbanos torna-se mais dispendiosa e sujeita a restrições em períodos de seca.

Desafios Específicos do Contexto Mediterrânico

No contexto mediterrânico, como em Portugal, estes problemas são ainda mais graves, devido à variabilidade climática e a períodos de seca prolongada. Regiões como o Algarve e o Sado enfrentam escassez hídrica crónica, agravada pela alta variabilidade interanual dos recursos disponíveis e pelos impactos crescentes das

alterações climáticas [6]. Embora Coimbra não apresente o mesmo grau de secas graves observadas no Sul, registos oficiais indicam que a precipitação em Portugal pode oscilar de 82,63 mm num ano para 45,11 mm noutro, dificultando o planeamento hídrico [7]. Essa disparidade reforça a necessidade de estratégias específicas, ajustadas a cada local, incluindo fatores climáticos, infraestruturas disponíveis e perceções da comunidade.

Um problema igualmente crítico é a qualidade da água. Esta tem sido frequentemente comprometida por poluentes provenientes de resíduos industriais, fertilizantes agrícolas e sistemas de saneamento inadequados [6]. Esses contaminantes não apenas afetam a potabilidade da água, mas também prejudicam as funções ambientais das zonas húmidas e aumentam os custos de tratamento.

Embora iniciativas recentes, como, por exemplo, a estratégia nacional "Água que Une" [8], lançada em 2024, demonstrem o compromisso de Portugal com uma gestão hídrica mais integrada e sustentável, os desafios mantêm-se. Em muitas cidades, a infraestrutura urbana não acompanha o crescimento populacional e a expansão das cidades, o que resulta em desperdícios, ineficiências e pressão acrescida sobre os recursos hídricos disponíveis.

A gestão da água enfrenta barreiras que vão desde sistemas de distribuição até práticas que ainda não maximizam o aproveitamento de recursos alternativos, como a reutilização de águas residuais tratadas ou a captação eficiente de águas pluviais. Segundo o Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP 2024) [9], apenas 0,9% da água tratada foi reutilizada em 2023 e 14% desse volume chegou a utilizadores externos, evidenciando um potencial desaproveitado.

No caso dos espaços verdes urbanos, a rega é um dos maiores consumidores de água potável nas cidades, mesmo sem que essa água precise de atender aos padrões de potabilidade [10]. Tal panorama reforça a urgência de estratégias integradas que promovam eficiência no uso dos recursos, incluindo tecnologias inovadoras e conservação dos ecossistemas, além de soluções que possam aumentar a capacidade de resposta das infraestruturas urbanas. Dessa forma, para além da disponibilidade hídrica, torna-se necessário analisar os impactos climáticos e os fenómenos urbanos que agravam estes desafios, tema da secção seguinte.

2.1.2 Impactos Climáticos e Fenómenos Urbanos

As alterações climáticas estão a modificar profundamente o meio urbano, expondo as cidades a ameaças que ultrapassam as capacidades de resposta tradicionais. Os fenómenos climáticos extremos, como ondas de calor intensas, secas prolongadas, precipitações fortes e cheias, surgem com maior frequência e intensidade, causando danos em infraestruturas e afetando a qualidade de vida das populações.

O aquecimento global, principalmente causado pelas emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa, é apontado como o motor destas alterações, como detalhado nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas

(IPCC). A temperatura média global já subiu 1,1°C em relação aos níveis pré-industriais, e prevê-se que alcance 1,5°C antes de 2030, caso se mantenham os níveis emissões atuais [11]. Embora este valor possa parecer modesto, os seus impactos são desproporcionais: intensificação de fenómenos extremos, degradação de ecossistemas frágeis e agravamento das desigualdades sociais. Tais efeitos refletem-se especificamente em fenómenos urbanos, nos quais a infraestrutura e as comunidades mais marginalizadas são desproporcionalmente afetadas.

Efeito de Ilha de Calor Urbano

Entre os fenómenos urbanos mais bem documentados encontra-se o efeito de ilha de calor urbano (*Urban Heat Island, UHI*), que descreve o aumento das temperaturas médias nas áreas urbanas em comparação com as zonas rurais adjacentes [12]. Este fenómeno é causado por fatores como a substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis (asfalto, betão), a redução da vegetação urbana e a concentração de atividades humanas que geram calor adicional, como o tráfego e o consumo energético elevado. Diferenças térmicas médias de 4°C a 7°C são frequentemente registadas, podendo atingir até 10°C durante eventos extremos de calor. Este efeito eleva os riscos para a saúde pública, incluindo desidratação, golpes de calor e aumento da mortalidade, sobretudo entre grupos vulneráveis, como crianças e idosos [13]. A Figura 2.2 mostra de que forma diferentes tipos de uso do solo influenciam a temperatura do ar e da superfície, sublinhando a relevância do planeamento urbano na criação de microclimas contrastantes.

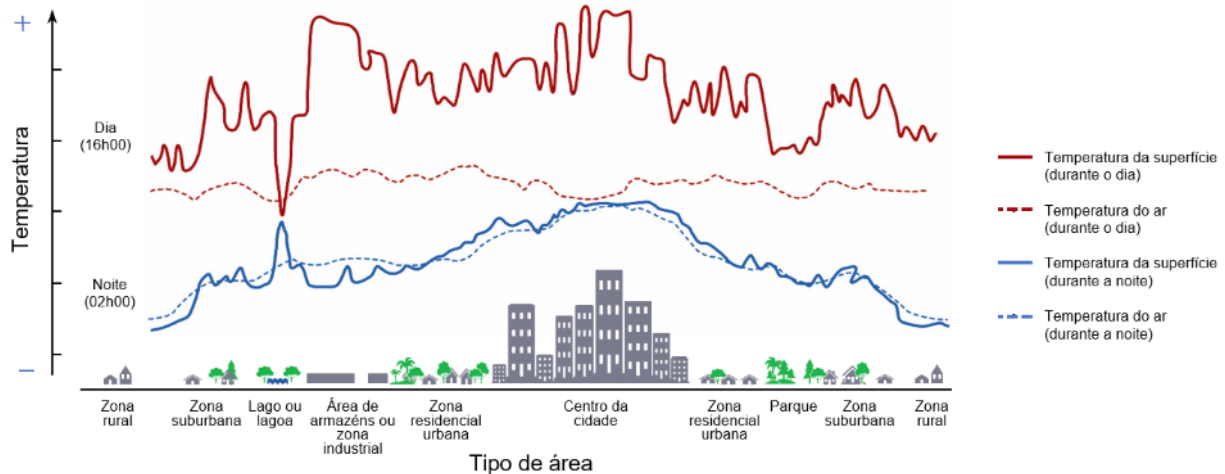


Figura 2.2 - Impacto do uso do solo na temperatura urbana. Adaptada de [14].

Urbanização e Impermeabilização do Solo

A urbanização rápida e desordenada favorece uma crescente impermeabilização do solo nas áreas urbanas, alterando o ciclo hídrico e agravando problemas relacionados com gestão de águas pluviais. A substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis, combinada com uma elevada densidade de edificações, por conseguinte, cria outra dificuldade: reduz drasticamente a capacidade de infiltração da água no solo, intensificando o escoamento superficial e expondo as infraestruturas urbanas aos riscos crescentes de cheias urbanas [15].

As projeções climáticas para Portugal indicam um aumento da intensidade e frequência de eventos extremos de precipitação, com variações na intensidade máxima entre 5% e 33%, dependendo da região. Essa tendência, combinada com a crescente impermeabilização do solo, compromete a eficácia dos sistemas de drenagem convencionais, dimensionados a partir de séries históricas menos severas e que podem não responder às novas exigências climáticas [16]. Como resultado, aumenta a incidência de cheias repentinas, com impactos diretos em infraestruturas, economias locais e saúde pública.

A concentração populacional agrava ainda mais esse cenário. De acordo com os Censos de 2021, aproximadamente 20% da população vive em apenas 1% do território nacional, concentrada nos sete municípios mais populosos [17]. Este padrão gera forte pressão sobre sistemas de drenagem, por vezes ultrapassados, incapazes de enfrentar o aumento da intensidade e variabilidade das chuvas. O episódio de dezembro de 2022 na Área Metropolitana de Lisboa, responsável por prejuízos avaliados em 185 milhões de euros [18], [19], ilustra bem esta situação, evidenciando a vulnerabilidade crescente das cidades a eventos climáticos extremos.

Em muitas cidades, este problema é agravado pelo modelo de drenagem unitário, onde águas pluviais e efluentes sanitários partilham a mesma rede [20]. Esta configuração, durante períodos de precipitação intensa, leva à sobrecarga dos coletores e ao descarte não tratado de águas residuais em meios hídricos, comprometendo a qualidade ambiental e aumentando o risco de contaminação. Paralelamente, a impermeabilização generalizada impede a recarga dos aquíferos e reduz a retenção natural da água, tornando as urbes cada vez mais dependentes de infraestruturas que já demonstram limitações.

Todas estas tensões, ligadas à redução da infiltração e ao aumento da vulnerabilidade das redes de drenagem, têm implicações diretas nas zonas verdes urbanas, que se tornam dependentes de abastecimento público ou privado para rega e deixam de cumprir eficazmente a sua função de regular o escoamento, retendo ou absorvendo a água da chuva, agravando os desafios da gestão face às alterações climáticas.

2.1.3 Desafios na Gestão de Zonas Verdes Face às Alterações Climáticas

Redução da cobertura vegetal urbana acrescenta outro elemento de preocupação. A expansão sem controlo das áreas edificadas compromete as funções ecológicas que os espaços verdes exercem. Entre essas funções, inclui-se a atenuação de impactos climáticos, a retenção de dióxido de carbono, a dinamização da biodiversidade e a criação de refúgios térmicos.

A estagnação ou redução das áreas verdes urbanas em Portugal revela uma desconexão persistente entre o planeamento urbano e as necessidades ambientais. Embora os PDM de terceira geração tenham destacado avanços no reconhecimento das infraestruturas verdes como elementos essenciais para a sustentabilidade, a sua implementação prática ainda enfrenta limitações significativas. Em muitas cidades,

intervêm-se sobretudo nas zonas verdes já existentes, sendo pouco frequente a criação de novas áreas ou a ligação efetiva entre elas. Ainda que úteis, estas medidas não compensam o impacto cumulativo de décadas de expansão desregrada [21].

Definição e Classificação de Zonas Verdes

Outra questão relevante é que, nos PDM de Portugal, a forma de definir e classificar zonas verdes varia bastante consoante o município. Alguns municípios recorrem a classificações mais minuciosas, enquanto outros seguem metodologias gerais, sem distinguir claramente os diversos tipos de espaços verdes. Em Coimbra, por exemplo, o PDM agrupa apenas as zonas verdes em Área verde de recreio e lazer e Área verde de proteção e enquadramento. Contudo, é fundamental um sistema mais pormenorizado, com categorias bem definidas, para apoiar um planeamento eficaz e garantir uma gestão integrada.

Esta dificuldade não é exclusiva de Portugal. Estudo [22] efetuado na Polónia mostrou que a ausência de definição clara de espaços verdes inviabiliza uma gestão mais global, além de excluir áreas menos convencionais, como terrenos baldios ou vegetação espontânea, que também podem contribuir para a qualidade de vida.

Impactos Económicos e Pressões Climáticas

As alterações climáticas geram custos acrescidos para as cidades, ao intensificarem fenómenos como ondas de calor, secas e precipitações extremas. A reparação de danos causados por inundações e tempestades, bem como a implementação de soluções tecnológicas para uma maior resiliência, exigem investimentos significativos que podem exceder a capacidade orçamental de muitas autarquias. Também, a necessidade de adaptar serviços urbanos - incluindo drenagem, saneamento e transporte - pode tornar-se um encargo pesado para os municípios, sobretudo em regiões onde o planeamento não acompanha o ritmo da urbanização.

Para amenizar estes problemas, a criação e a melhoria de espaços verdes urbanos surgem como alternativas financeiramente viáveis. Quando bem planeados, estes espaços atenuam o efeito de ilha de calor, graças à evapotranspiração das plantas e à sombra proporcionada por árvores e arbustos. Em períodos de chuva intensa, o solo permeável nas zonas verdes facilita a infiltração da água, contribuindo para reduzir o escoamento superficial e o risco de cheias [23]. A integração inteligente destas áreas no planeamento urbano também favorece a saúde e o bem-estar da população, ao oferecer locais de convívio, melhorar a qualidade do ar e valorizar o espaço público.

No entanto, a fragmentação de competências e a falta de coordenação entre diferentes setores podem limitar a eficiência destas soluções. Numa estratégia conjunta que envolva seleção adequada de espécies, manutenção sustentável e gestão criteriosa da rega, muitos benefícios acabam subaproveitados, resultando em custos desnecessários. Ao combinar o planeamento ecológico com uma utilização mais racional dos recursos hídricos, os municípios podem maximizar o potencial dos espaços verdes na resposta aos desafios impostos pelas alterações climáticas [23].

Nos capítulos seguintes, será aprofundado como o reforço do planeamento urbano e a reestruturação da gestão dos espaços verdes podem ajudar a enfrentar esses desafios. Assim, passa-se dos desafios gerais para uma análise preliminar das especificidades do município de Coimbra, exploradas na secção seguinte.

2.1.4 Particularidades de Coimbra

Coimbra é um município da região Centro de Portugal, inserido no distrito homónimo e na sub-região de Coimbra. Com cerca de 319,4 km², o seu território faz fronteira a norte com Mealhada, a leste com Penacova, Vila Nova de Poiares e Miranda do Corvo, a sul com Condeixa-a-Nova, a oeste com Montemor-o-Velho e a Noroeste com Cantanhede. A gestão administrativa abrange oito freguesias e dez uniões de freguesias [24], conforme apresentado na Figura 2.3.

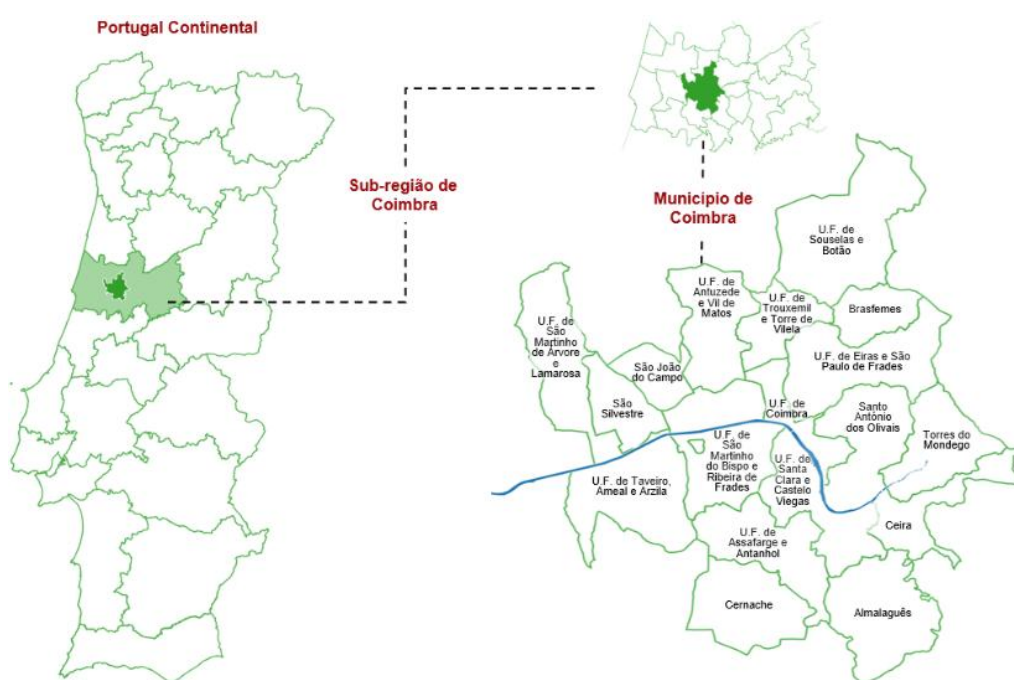


Figura 2.3 - Carta administrativa do município de Coimbra. Com base em [25], [26].

A população municipal, estimada em 144 822 habitantes [27], confere a Coimbra uma posição de destaque na região Centro. O seu estatuto histórico, cultural e académico - potenciado pela presença da Universidade de Coimbra - contribui para atrair estudantes e visitantes de diversos pontos do país e do estrangeiro, exercendo pressões adicionais sobre a infraestrutura urbana, nomeadamente transportes, habitação e espaços verdes.

Geografia e Clima

A diversidade geomorfológica de Coimbra abrange áreas montanhosas e vales profundos no interior, enquanto as planícies ocupam a zona litoral. Este panorama enriquece-se pelos rios Alva, Ceira e Mondego, que contribuem para o equilíbrio ambiental e a estruturação urbana da região. A localização favorece a interação entre

o litoral e o interior do país, mas também implica desafios ligados à geomorfologia e à urbanização [24].

O clima mediterrânico quente de verão (*Csa*, conforme a classificação de *Köppen-Geiger*), com influência atlântica, traduz-se em verões longos, quentes e secos, bem como invernos suaves com precipitações curtas e intensas [24]. As condições climáticas da região caracterizam-se pela variabilidade sazonal. A temperatura média anual situada em 15,5 °C, moderada pela proximidade do Oceano Atlântico, com máximas frequentemente superiores a 30 °C durante o verão. A precipitação anual situa-se nos 905,1 mm, dos quais cerca de 60% ocorre entre outubro e fevereiro. Esta distribuição acentuadamente sazonal pressiona a gestão dos recursos hídricos e compromete a manutenção regular das zonas verdes urbanas, sobretudo em períodos secos ou com episódios de precipitação intensa [28], [29].

Evolução das Zonas Verdes em Coimbra

Historicamente, as zonas verdes em Coimbra desenvolvem-se desde a Idade Média, quando o tecido urbano era compacto, praticamente sem áreas verdes públicas, à exceção de jardins conventuais. Durante os séculos XVIII e XIX, surgiram espaços emblemáticos como o Jardim Botânico e o Jardim da Sereia, com ligações respetivamente à Universidade de Coimbra e ao Mosteiro de Santa Cruz [28]. No século XX, a expansão habitacional levou à inclusão de mais zonas verdes nos bairros residenciais. [30]. Já no século XXI, o aumento das preocupações ambientais motivou medidas como sistemas de rega mais eficientes e substituição de espécies exigentes em água por vegetação local tolerante à seca.

Atualmente, os espaços verdes em Coimbra ocupam cerca de 9,8% do solo urbano [24], conforme apresentado na Figura 2.4.

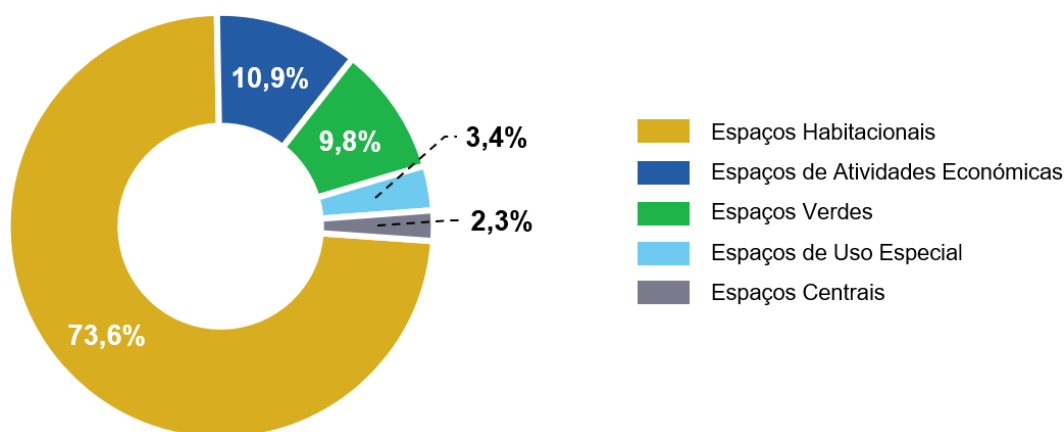


Figura 2.4 - Distribuição das categorias de solo urbano em Coimbra (%). Com base em [24].

Esse valor corresponde a cerca de 12 m² de área verde por habitante, muito aquém da meta de 30 m²/habitante recomendada por diversos organismos internacionais [31]. Tal discrepância evidencia o potencial de melhoria e reforça a necessidade de criação ou expansão de zonas verdes que possam fortalecer a resiliência ecológica.

Transformações Urbanas e Infraestrutura

Ao longo das últimas décadas, Coimbra passou por transformações urbanas profundas, visíveis na expansão da sua infraestrutura e no aumento da densidade habitacional. O projeto do Metro Mondego [32], talvez a intervenção mais notável, exemplifica estas mudanças: após anos de planeamento, a obra avançou como um sistema de BRT (*Bus Rapid Transit*) em formato de metro de superfície. O projeto reutiliza os traçados das antigas linhas ferroviárias, agora adaptados para novas funções, e a rede expande-se por áreas densamente urbanizadas. Embora a sua implementação prometa reduzir a dependência de veículos particulares e estimular a mobilidade sustentável, trouxe desafios complexos.

Essas transformações, embora necessárias, impactaram significativamente a paisagem urbana, sobretudo na diminuição da cobertura vegetal madura e na fragmentação das áreas verdes, com reflexos evidentes na gestão ambiental e das águas pluviais. Ainda que se tenham plantado novas árvores e de outras plantas como medida compensatória, em algumas zonas não se efetivou a substituição, deixando a vegetação em déficit e prejudicando a regeneração local. Assim, as novas plantações não substituem, a curto prazo, os serviços ecos sistémicos prestados pelas árvores adultas, como a regulação da temperatura, o suporte à biodiversidade e a absorção das águas superficiais. Este desequilíbrio exige uma avaliação detalhada dos impactos e a definição de intervenções eficazes para a recuperação destes ecossistemas.

A destruição parcial ou total de diversas zonas verdes obriga a rever os planos de gestão existentes. Tal reavaliação exige esforço significativo por parte da Câmara Municipal, que terá de atualizar bases de dados, rever a escolha de espécies, adaptar os sistemas de rega e melhorar os mecanismos de monitorização. Estas exigências tornam-se mais complexas tendo em conta a escala das alterações em curso, a disponibilidade de recursos técnicos e os constrangimentos financeiros.

Impactos Climáticos e Ambientais

À semelhança de outras cidades mediterrânicas, Coimbra enfrenta uma combinação de fenómenos extremos: chuvas intensas e concentradas, seguidas de períodos de seca prolongada, o que agrava ainda mais os desafios de gestão dos recursos hídricos. Segundo projeções climáticas para a região, existe uma tendência de aumento das temperaturas médias e uma redução na precipitação acumulada anual. Entre 1941 e 2022, Coimbra registou 21 ondas de calor, destacando-se 2006, com 22 dias consecutivos de temperaturas extremas. Para o futuro, prevê-se um acréscimo significativo destes eventos, com dias de verão ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) a tornarem-se cada vez mais frequentes [26].

Ao mesmo tempo, a urbanização rápida aumenta a impermeabilização do solo e prejudica a infiltração de águas pluviais, agravando o escoamento superficial. Esta combinação eleva a ocorrência e gravidade das inundações urbanas, reduz a recarga de aquíferos, contribuindo para um desequilíbrio hídrico cada vez mais visível. Outro problema relevante, que infelizmente também afeta a cidade de Coimbra, é o

efeito de ilha de calor urbano. Estudos apontam um aumento significativo das temperaturas noturnas nas zonas densamente edificadas, com valores superiores aos das áreas periféricas e rurais. A topografia acidentada contribui para a retenção de calor em determinadas áreas [33]-[35], o que intensifica o desconforto térmico e aumenta os riscos de mortalidade, sobretudo entre grupos vulneráveis, como crianças, idosos ou doentes cardiovasculares [36].

Neste contexto, os espaços verdes urbanos são essenciais, desde que bem concebidos e mantidos. Atualmente, a rega continua a ser feita com água potável da rede pública, fato que reforça, mais uma vez, a necessidade de uma gestão sustentável dessas áreas. Dessa forma, torna-se evidente a urgência em rever os sistemas de rega e a seleção das espécies, a fim de otimizar os recursos hídricos e assegurar a resiliência ambiental.

Planeamento Sustentável e Medidas em Curso

Visando maior resiliência face às alterações climáticas, Coimbra aprovou, em dezembro de 2024, o seu *Plano Municipal de Ação Climática* (PMAC-C) [26], alinhado com a Lei de Bases do Clima (Lei 98/2021, de 31 de dezembro) [37]. Este plano perspetiva atingir a neutralidade carbónica até 2050 e inclui medidas em recursos hídricos, ordenamento do território, biodiversidade e infraestruturas. Destacam-se a expansão da rede de águas pluviais, a inclusão de áreas permeáveis, o incremento da arborização com espécies nativas e a criação de corredores verdes. O Quadro 2.2 apresenta algumas das ações propostas, realçando a intenção de Coimbra em evoluir para práticas sustentáveis e resilientes.

Quadro 2.2 - Principais medidas do PMAC-C para espaços verdes e recursos hídricos.
Adaptado de [26].

Setor	Medida
Recursos Hídricos	Ampliar e monitorizar a rede pública de águas pluviais e executar medidas de melhoramento das condições de escoamento de água em zonas críticas. Criar bacias de retenção a montante das zonas sujeitas a cheias e inundações. Aproveitar as águas pluviais e residuais tratadas para usos não potáveis. Integrar a variável das alterações climáticas nas componentes de planeamento, dimensionamento, gestão, operação e manutenção da rede de drenagem pluvial.
Ordenamento do Território	Promover a permeabilização de áreas impermeáveis. Condicionar a construção na proximidade das linhas de água, minimizar a impermeabilização do solo e promover o seu restauro ecológico. Dar continuidade ao Plano Municipal de Arborização.
Biodiversidade	Criar áreas verdes municipais, com diversificação de espécies. Criar ações de rearborização com espécies autóctones. Transformar/converter o coberto vegetal dos Parques e Jardins, para plantas mais resistentes/resilientes à secura. Consolidar e expandir os Corredores Verdes, integrados na Estrutura Verde macro da cidade. Promover incentivos à implementação de jardins e coberturas verdes.

A par destas medidas gerais, Coimbra tem também vindo a desenvolver projetos mais focados na melhoria dos espaços verdes, como a criação de uma floresta urbana na ribeira do Vale das Flores [38], o incremento de corredores verdes e a renovação de parques. Embora representem progressos importantes, o alcance permanece limitado face às carências atuais. Têm sido substituídas áreas relvadas por espécies mais apropriadas ao clima local, como plantas autóctones, mas ainda há margem para aprofundar a escolha de espécies mais tolerantes à seca, potenciando uma gestão de água mais eficiente e zonas verdes mais resilientes. Concomitantemente, continuam a verificar-se práticas de rega pouco ajustadas, sublinhando a necessidade de um planeamento mais criterioso e adaptado às condições locais.

Outra questão relevante é a ausência de SuDS e o subaproveitamento da água da chuva na cidade. Embora existam iniciativas pontuais, como a criação de bacias de retenção, tais soluções permanecem insuficientes e pouco integradas em sistemas de drenagem mais abrangentes. É, portanto, necessário reforçar as infraestruturas de engenharia hídrica e implementar SuDS ajustados às necessidades reais, para mitigar inundações e garantir um ciclo hídrico equilibrado.

Desafios Futuros na Gestão do Espaço Urbano

Importa, ainda, articular as medidas do PMAC-C com planos de ordenamento mais integrados. Nesse sentido, a definição de regulamentos municipais específicos pode ser decisiva para uniformizar critérios de manutenção e fiscalização de parques e árvores de arruamento, à semelhança do que aconteceu noutros concelhos, como Odivelas [39].

A escolha de Coimbra como caso de estudo permite ilustrar diferentes desafios urbanos e soluções adotadas localmente. Instrumentos como o PMAC-C definem estratégias futuras, mas exigem também medidas práticas bem fundamentadas. A eficácia destas ações dependerá da correta articulação entre os sistemas de rega, a seleção criteriosa das espécies vegetais e a qualidade ecológica dos espaços verdes existentes. Uma vez estabelecido o enquadramento específico de Coimbra, importa agora rever a literatura e as principais abordagens que podem guiar soluções sustentáveis, assunto do próximo tópico.

2.2 Revisão de Literatura e Abordagens Principais

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura científica sobre a gestão sustentável dos espaços verdes urbanos, analisada sob uma perspetiva interdisciplinar, que engloba dimensões ecológicas, sociais e urbanísticas. O objetivo é identificar e analisar abordagens que promovam o equilíbrio entre a preservação ambiental, o uso eficiente dos recursos e o bem-estar social.

2.2.1 Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos

A gestão sustentável é um conceito que visa equilibrar as necessidades imediatas da sociedade com a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. Este

conceito, que hoje é central nas políticas ambientais, foi formalizado pela primeira vez no Relatório Brundtland [40]. O relatório definiu o desenvolvimento sustentável como "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades". Desde então, orienta políticas globais dirigidas à gestão dos recursos naturais, incluindo os espaços verdes urbanos. Exemplos recentes incluem os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS) [41], os Acordos Climáticos de Paris (COP21) [42] e a Estratégia da UE para a Biodiversidade até 2030 [43].

No contexto urbano, a gestão de espaços verdes deixou de ser apenas um recurso estético e recreativo e tornou-se uma medida estratégica para a adaptação climática e a melhoria da qualidade de vida. Atualmente, a gestão eficaz destes ambientes já não é facultativa, mas necessária, perante o aumento de fenómenos climáticos extremos e o crescimento urbano. Nesse sentido, ganha relevância uma abordagem que articule não apenas a proteção ambiental, mas também as dimensões económica, social e de ordenamento do território, reforçando a coesão entre a conservação de habitats, a dinamização da economia local, o envolvimento comunitário e a integração no planeamento [44].

A gestão sustentável de espaços verdes deixa de ser uma simples soma de ações isoladas, assumindo-se como um sistema coerente que alia inovação e respeito pelos processos naturais. Nesta ótica, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) destacam-se como ferramentas eficazes e abrangentes para o planeamento urbano sustentável.

Soluções Baseadas na Natureza (SbN) em Espaços Verdes Urbanos

As SbN são definidas pela Comissão Europeia como "soluções inspiradas e sustentadas pela natureza, que são economicamente viáveis, proporcionam benefícios simultaneamente ambientais, sociais e económicos e ajudam a aumentar a resiliência das cidades" [45]. Incluem uma variedade de características naturais e processos adaptados aos locais, visando mitigar as alterações climáticas, melhorar a saúde urbana e promover a biodiversidade local.

Nas áreas urbanas, as SbN aparecem em várias formas, como parques urbanos, corredores ecológicos e zonas húmidas artificiais, aproveitando recursos naturais locais, como vegetação, água e solo. O impacto dessas soluções varia em escala, desde grandes florestas urbanas que regulam o clima até pequenas estruturas instaladas em ruas e praças, todas capazes de transformar significativamente o ambiente [46]. Embora resolvam problemas ambientais como inundações e ilhas de calor, também criam espaços de convívio e lazer, fortalecendo o tecido social das comunidades [47], [48].

Essas soluções podem ser implementadas através de diversas infraestruturas naturais ou seminaturais. O Quadro 2.3 apresenta as principais infraestruturas verdes, azuis e híbridas utilizadas nas SbN, ilustrando como podem ser adaptadas às necessidades de cada área urbana, tornando cada espaço único e funcional.

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Quadro 2.3 - Classificação das infraestruturas verdes e azuis nas SbN. Com base em [48].

Infraestruturas Verdes	Infraestruturas Azuis	Infraestruturas Híbridas
Hortas comunitárias	Lagos urbanos	Jardins de chuva
Corredores ecológicos	Rios e canais urbanos	Pavimentos permeáveis
Parques urbanos e jardins	Zonas húmidas artificiais	Bacias de retenção
Fachadas e coberturas verdes	Mangais	Bio filtros para águas pluviais
Florestas urbanas	Sistemas de reutilização de águas cinzentas	Pântanos e turfeiras
Árvores de alinhamento	Margens fluviais e vegetação ripícola	Lagos de mineração reabilitados
Sebes e barreiras vegetais	Bacias de retenção de águas pluviais	Canais artificiais
Áreas agrícolas urbanas	Dunas costeiras	
Áreas de compostagem	Fontes e elementos de água urbanos	

É importante observar que o grau de intervenção humana varia segundo o tipo de infraestrutura. Algumas, como zonas húmidas artificiais e corredores ecológicos, funcionam quase autonomamente, promovendo biodiversidade e controlando cheias sem manutenção intensiva. Outras, a exemplo de bacias de retenção e pavimentos permeáveis, exigem cuidados contínuos, como o controle da qualidade da água e a remoção de obstruções [46]. Já as soluções híbridas, como bio filtros e jardins de chuva, combinam processos naturais com regulação técnica para manter a sua eficiência [49]. Além de filtrarem e armazenarem águas pluviais, essas infraestruturas regeneram a biodiversidade e criam espaços de lazer. A captação de águas pluviais e a reutilização de águas residuais tratadas aumentam a eficiência no uso dos recursos hídricos, reduzindo a dependência de fontes de água potável.

Um exemplo de SbN é o processo de regeneração de terrenos anteriormente degradados, conhecido como *brownfield greening*. A vegetação nessas áreas pode reduzir a temperatura local em até 3,5°C e aumentar a infiltração de águas pluviais em cerca de 25%. No contexto económico, estas áreas regeneradas valorizam o mercado imobiliário em até 35%, dependendo do projeto. Ainda, reforçam a conectividade ecológica, criando novos habitats que apoiam a biodiversidade local e melhorando a ligação entre diferentes espaços verdes urbanos. Essas intervenções permitem a utilização multifuncional do solo, incluindo parques, florestas, áreas de lazer e espaços comunitários, maximizando benefícios ambientais e sociais [50]. A importância das SbN transcende a sua dimensão estrutural e ecológica, refletindo-se também em benefícios diretos para as cidades e as populações, abrangendo serviços ecos sistémicos e impactos socioeconómicos associados à gestão sustentável de espaços verdes e azuis.

Serviços Ecos sistémicos e Impactos Socioeconómicos

Como amplamente reconhecido pela literatura, zonas verdes e azuis prestam vasta gama de serviços ecos sistémicos que incluem a regulação do microclima [13], redução da poluição sonora [51], melhoria da qualidade do ar [52][53], promoção da

infiltração e o tratamento preliminar das águas pluviais [54] e também o suporte à biodiversidade [55]. Tais benefícios permitem que as cidades respondam melhor às alterações climáticas [56]. As SbN reforçam esses serviços ainda mais. Exemplos disso incluem jardins de chuva, que retêm e filtram águas pluviais, coberturas verdes, que proporcionam isolamento térmico aos edifícios, e corredores ecológicos, que conectam diferentes espaços e facilitam a circulação de espécies [47].

Os espaços verdes urbanos contribuem também para a valorização turística das cidades. Proporcionam maior a qualidade de vida dos residentes e atraem visitantes, especialmente quando se localizam perto de patrimónios culturais e históricos. Embora nem todos conheçam o termo «infraestrutura verde», reconhece-se o valor desses espaços para lazer e descanso, impulsionando a economia local [57]. A proximidade de áreas verdes a sítios patrimoniais aumenta a atratividade das cidades, incorporando-as em roteiros turísticos.

Não menos positivo é o impacto na saúde. Estas áreas, frequentemente descritas como "infraestruturas de bem-estar", são capazes de melhorar a saúde física e mental das populações urbanas. A exposição regular a ambientes naturais reduz os níveis de stress, melhora o sono e fomenta interações sociais mais saudáveis. Estas áreas ainda ajudam na regulação dos ritmos circadianos, promovendo um sono mais equilibrado e maior sensação de bem-estar geral [58]. A proximidade e a qualidade da vegetação revelam-se decisivas para otimizar esses benefícios, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, onde o acesso à natureza pode ser limitado [59].

Para compreender os impactos das zonas verdes nas cidades, é importante considerar a relação entre os seus benefícios ambientais, sociais e económicos, assim como os fatores de qualidade que influenciam esses impactos positivos. A Figura 2.5 apresenta uma síntese visual desses aspetos.

A gestão eficiente da irrigação neste contexto é essencial para maximizar os benefícios, equilibrando a preservação ecológica e a funcionalidade social. Os parques irrigados são mais atraentes e sustentam uma maior diversidade de atividades desportivas e recreativas, como competições, caminhadas e encontros sociais. Por outro lado, zonas não irrigadas, como os parques lineares, sobretudo a biodiversidade e o contacto direto com a natureza. O uso racional da água, associado a técnicas sustentáveis como o aproveitamento de águas pluviais ou a escolha de plantas resistentes à seca, minimiza os custos ambientais e garantir que os benefícios sociais e ecológicos sejam preservados [60]. Encontrar um equilíbrio no consumo de água e escolher espécies bem-adaptadas é decisivo para otimizar recursos naturais e incentivar uma sustentabilidade de longo prazo.

Esta representação destaca que o sucesso das zonas verdes não está apenas na sua presença, mas na forma como são distribuídas, acessíveis e geridas para responder às necessidades das comunidades.



Figura 2.5 - Síntese dos indicadores de qualidade e benefícios das zonas verdes. Adaptada de [61].

Estratégias de Planeamento Urbano Sustentável

No planeamento urbano, a integração das zonas verdes surge como um fator-chave para a sustentabilidade. Em vez de encaradas como elementos isolados, estas áreas devem estruturar-se em redes ecológicas interligadas, para maximizar os benefícios ambientais e a promover a conectividade no tecido urbano. Iniciativas como a criação de corredores ecológicos ou a instalação de coberturas verdes demonstram-se eficazes na redução do escoamento de águas pluviais e na melhoria das condições ambientais [47], embora exijam análises territoriais pormenorizadas que avaliem fluxos de biodiversidade e dinâmicas climáticas locais.

A tecnologia ocupa igualmente um lugar fundamental na gestão urbana. Sistemas de informação geográfica (SIG) e sensores ambientais permitem mapear e monitorizar estas áreas verdes, identificando prioridades de intervenção. Sensores em tempo real recolhem dados acerca da saúde da vegetação, da qualidade do solo e da eficiência do consumo de água, possibilitando ajustes contínuos. Neste contexto, plataformas digitais oferecem maior abertura e participação dos cidadãos na monitorização, reforçando a transparência e a corresponsabilização na gestão do espaço público.

Um conjunto significativo de ferramentas tecnológicas possibilita a integração e análise de dados complexos. O *QGIS* [62] que oferece uma opção gratuita para mapear e monitorizar infraestruturas, enquanto o *ArcGIS* [63] se destaca pela capacidade de gestão integrada de dados espaciais, como os relacionados aos recursos hídricos. Para avaliar serviços ecos sistémicos, o *i-Tree Eco* [64] permite calcular benefícios ambientais, como o sequestro de carbono e a retenção de água da chuva, fornecendo dados detalhados, como biomassa vegetal, volume de água interceptada e eficiência na redução de escoamento superficial. O *plug-in GreenUr* [65] mede os impactos das zonas verdes na saúde pública. Já, para tarefas operacionais, plataformas como o *R3 GIS Greenspaces* [66] ajudam a planear e acompanhar tarefas de manutenção, como rega e poda, com maior precisão. Soluções inovadoras, como o *E2O.Green* [67], vão além, utilizando inteligência artificial e sensores para uma gestão em tempo real. Estes exemplos mostram como relatórios interativos e análises preditivas podem reforçar tanto o planeamento sustentável como a participação comunitária.

A eficiência no uso da água é outro desafio central. As tecnologias de irrigação inteligente estão a revolucionar a forma de gerir este recurso, substituindo métodos tradicionais, muitas vezes associados ao desperdício, por sistemas automáticos que ajustam a rega consoante a humidade do solo, as condições meteorológicas ou a época do ano [68]-[71].

Para se maximizarem os benefícios das zonas verdes, a escolha da vegetação é decisiva. Espécies autóctones e adaptadas ao clima local consomem menos água e fertilizantes, resistindo melhor a secas e a extremos climáticos. A seleção de espécies deve também responder às funções sociais pretendidas (lazer, educação ambiental, agricultura urbana). A participação comunitária constitui, neste cenário, um fator de sucesso determinante.

Iniciativas como hortas urbanas e projetos de requalificação participativa mostram-se eficazes na sensibilização dos cidadãos e na valorização dos espaços verdes. Por exemplo, o projeto *Amsterdam Weerproof* [72] foi concebido para preparar Amesterdão para fenómenos climáticos extremos. Funciona como plataforma de cooperação entre a Câmara Municipal, moradores e empresas, promovendo coberturas verdes e jardins de chuva com apoio técnico e subsídios. A comunidade participa em *workshops* práticos para aprender a transformar pavimentos impermeáveis em áreas vegetadas e recolher águas pluviais.

Outro projeto, o *Buurtgroen020* [73], por sua vez, permite que os residentes "adotem" pequenas áreas públicas que necessitam de requalificação e plantação, como por exemplo canteiros e espaços junto a árvores, comprometendo-se com a manutenção e o cultivo de espécies autóctones. A autarquia fornece plantas, ferramentas e conselhos técnicos, garantindo que as intervenções sejam adequadas e não prejudiquem o equilíbrio ambiental. Este modelo envolve a comunidade em ações de plantação e dias de manutenção, reforçando o sentimento de pertença e a cooperação nos bairros. A Figura 2.6 ilustra alguns exemplos dos projetos de sustentabilidade com apoio público.



Figura 2.6 - Exemplos de projetos de sustentabilidade com apoio público: (a) *Bring Back the Pollinators*, Xerces Society, EUA; (b) *Buurtboomtuinjes*, Natuur & Milieu Team Zuid, Países Baixos; (c) *Daktuin idverde*, Weerproof, Países Baixos; (d) *Healing Gardens*, Bloei & Groei, Países Baixos. Fonte: [75]-[78].

Mesmo pequenas áreas verdes influenciam positivamente o ambiente urbano. Estudos mostram que intervenções com dimensões reduzidas, como minijardins ou faixas de flores, podem funcionar como «pontos de conexão» para polinizadores e pequenos animais, criando redes ecológicas que reforçam a ligação com áreas de vegetação natural em zonas urbanas densas. A escolha de plantas autóctones fortalece esta sustentabilidade, porquanto muitos insetos dependem de flora local

para alimentação [74]. Cada espaço pode fazer a diferença, seja um simples vaso numa varanda ou um pequeno espaço dum metro quadrado. Entre os projetos que seguem esta lógica, o *Bring Back the Pollinators* [75], nos Estados Unidos, focado na criação de habitats para polinizadores por meio de ações locais e sustentáveis.

Desafios e Estratégias de Planeamento Urbano Sustentável

Apesar de inovações tecnológicas e metodológicas, persistem desafios estruturais. A falta de coordenação entre vários níveis institucionais é um obstáculo frequente à implementação de políticas sustentáveis. A escassez de financiamento para projetos verdes também constitui barreira, sobretudo onde as prioridades orçamentais colocam o ambiente num plano secundário. Em paralelo, práticas administrativas desatualizadas e a resistência social, muitas vezes causadas pela falta de compreensão dos benefícios a longo prazo, podem afetar a aceitação das iniciativas.

Promover a colaboração internacional e o intercâmbio de conhecimentos entre cidades com desafios semelhantes pode ajudar a superar estas limitações. O acesso a boas práticas permite acelerar a adoção de soluções inovadoras e eficazes. Contudo, para que estas iniciativas atinjam todo o seu potencial, é essencial um conhecimento sólido sobre as áreas verdes. A escassez de dados fiáveis acerca da sua distribuição, estado e manutenção dificulta quer o planeamento quer a avaliação de resultados, tornando complexos os ajustes necessários em fases posteriores.

Estudos indicam que falta de informação estruturada sobre a localização, tipologia e características das zonas verdes compromete a adaptação urbana e a correta avaliação dos benefícios ambientais. Para suprir esta lacuna, torna-se fundamental adotar sistemas de monitorização que considerem, por exemplo, estado da vegetação, práticas de manutenção, grau de fragmentação e potencial de captura de carbono. Do mesmo modo, é indispensável avaliar como estes espaços contribuem para o equilíbrio ecológico e o conforto bioclimático dos residentes, para orientar intervenções eficazes, ajustadas às necessidades locais. A adoção de indicadores uniformizados favorece análises consistentes e comparáveis, reforçando tanto o planeamento sustentável como a gestão integrada [23].

Como afirmou H. James Harrington: «A medição é o primeiro passo para o controlo e, eventualmente, para a melhoria. Se não puder medir algo, não poderá compreendê-lo. Se não puder compreendê-lo, não poderá controlá-lo. Se não puder controlá-lo, não poderá melhorá-lo» [79]. Esta afirmação realça a importância de bases de dados rigorosas e permanentemente atualizadas, que não se limitem a armazenar informação, mas permitam identificar padrões, prever necessidades e garantir transparência na gestão.

Todavia, dados rigorosos são apenas parte da solução, pois é necessária a integração de inovação tecnológica, conhecimento científico, participação comunitária e uma coordenação clara entre instituições. Só assim estes espaços deixarão de ser vistos como infraestruturas simples e passarão a ser considerados recursos estratégicos, contribuindo para cidades mais habitáveis, resilientes e equilibradas, capazes de responder às exigências atuais sem prejudicar as gerações futuras. Tendo analisado

como serviços ecos sistémicos e impactos socioeconómicos reforçam a importância de gerir responsabilmente a água, importa agora aprofundar estratégias de irrigação adaptadas às condições ambientais, aliando técnicas consagradas e soluções tecnológicas para uma aplicação de água precisa e adequada a cada área.

2.2.2 Gestão Eficiente da Água e Inovação Tecnológica

A qualidade dos espaços verdes urbanos depende de uma gestão adequada de vários fatores, onde a irrigação, ajustada às necessidades reais das plantas, é determinante para a sua vitalidade. A rega compensa o desgaste provocado pelo uso intensivo e pelo stress hídrico, garantindo que a vegetação receba a água na dose certa. Assim, evita-se tanto o excesso, que acarreta escoamento superficial, lavagem de nutrientes e erosão, quanto a insuficiência, que fragiliza o ambiente.

Para melhorar o aproveitamento da água, convém unir métodos tradicionais com tecnologias modernas, que permitam ajustar a rega de forma dinâmica. A Figura 2.7 ilustra os princípios essenciais para a otimização dos sistemas de irrigação, destacando o equilíbrio entre a eficiência operacional e a inovação tecnológica, a fim de maximizar cada gota utilizada.



Figura 2.7 - Princípios para a otimização dos sistemas de irrigação. Elaboração própria.

Com esses princípios, percebe-se que a precisão na aplicação da água é apenas uma parte do processo. Para garantir que a irrigação responda às condições específicas de cada área, é fundamental incorporar estes avanços num esquema mais amplo. Isto requer conciliar solo, clima e necessidades das plantas, assegurando uma gestão coerente dos espaços verdes.

Planeamento e Adaptação ao Ambiente Local

A gestão eficiente da água em espaços verdes urbanos deve iniciar-se na fase de planeamento, considerando cuidadosamente as condições locais e os recursos hídricos disponíveis. Em áreas com clima irregular ou onde o abastecimento seja instável, a adoção de sistemas de irrigação eficientes torna-se essencial para salvaguardar a vitalidade das plantas e prevenir desperdícios de água. Em simultâneo, importa adequar o tipo de vegetação, a infraestrutura de rega e a origem da água às diversas finalidades do espaço verde.

Para estruturar este processo de forma sistemática, o projeto de rega pode ser organizado em quatro etapas principais, como representado na Figura 2.8. Cada etapa desempenha um papel específico na definição de estratégias que, em simultâneo, preservem a água e promovam a longevidade dos espaços verdes.

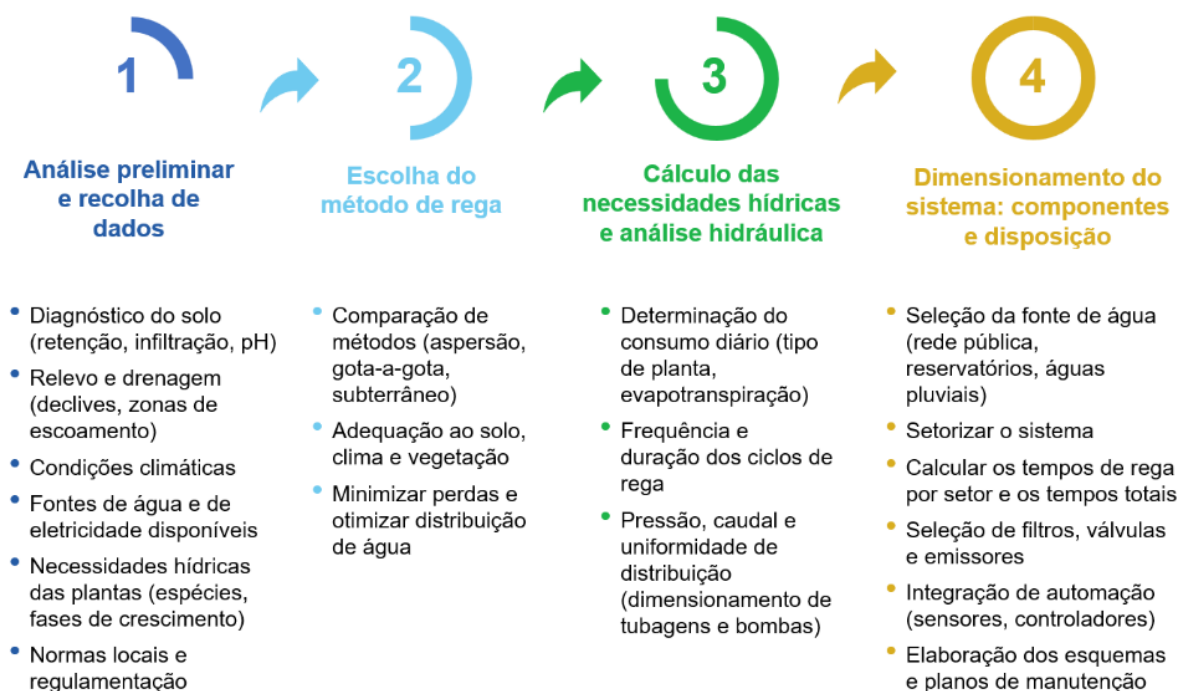


Figura 2.8 - Principais etapas do projeto de rega. Elaboração própria.

Um projeto de irrigação bem desenvolvido inicia-se com uma análise exaustiva do local e das condições climáticas predominantes. Nos espaços verdes públicos, os sistemas de rega devem ser, sempre que possível, autónomos, privilegiando alternativas como furos, minas, redes de drenagem ou reaproveitamento de águas pluviais [80]. Outra solução é a reutilização de águas residuais tratadas, por meio de reservatórios e sistemas de filtragem, para garantir um fornecimento regular sem depender dos recursos hídricos convencionais [81]. Em alguns casos, pode ainda instalar-se pequenas ETAR ou fito-ETAR, compostas por plantas macrófitas ou leitos filtrantes, que tratam localmente os efluentes e produzem água suficiente para a rega. Se nada disso for viável, recorre-se, como último recurso, à rede pública, promovendo sempre a poupança de água potável [82].

A caracterização do solo através de ensaios laboratoriais e medições no terreno reveste-se de grande importância, pois determina a capacidade de retenção, a taxa de infiltração e a composição textural. Com estes dados, distinguem-se solos arenosos, com maior escoamento por macro porosidade, de solos argilosos, que conservam a água durante períodos prolongados. Em zonas costeiras ou com histórico de contaminação, aconselha-se avaliar o pH e a salinidade [83]. A Figura 2.9 exemplifica as diferenças na dinâmica de movimentação da água, realçando o impacto da porosidade na infiltração e no armazenamento.

Concluída esta caracterização, importa analisar o relevo, pois declives pronunciados podem dificultar a absorção da água e potenciar o escoamento superficial. Tais

observações repercutem-se, ainda, na seleção das espécies vegetais, com destaque para o tipo de sistema radicular, garantindo uma melhor adaptação às condições topográficas de cada local.

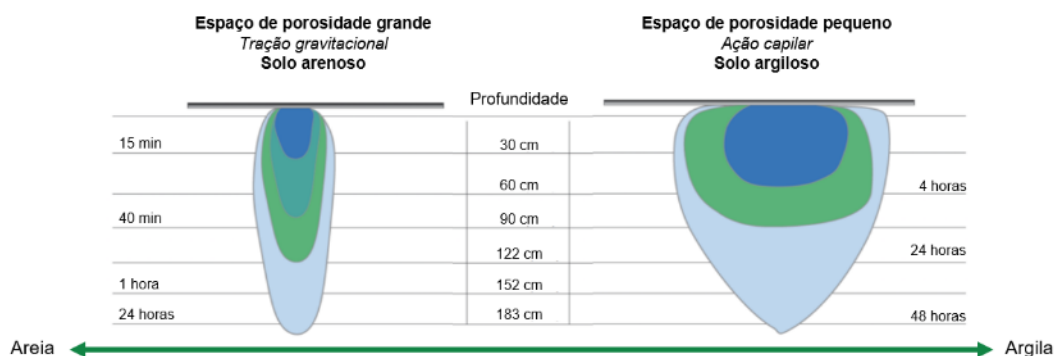


Figura 2.9 - Movimentação comparativa da água em solos. Adaptada de [83]

Por fim, para afinar a rega às reais necessidades das plantas, convém avaliar com rigor diversos elementos que influenciam as exigências hídricas. Tais fatores incluem a fisiologia de cada espécie, a densidade de plantação e as características do solo, permitindo definir o volume de água adequado a cada conjunto vegetal e preservar a saúde geral dos espaços verdes [84]. Para obter dados fiáveis, recorrem-se a métodos indiretos, como a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0), ou a métodos diretos, que utilizam sensores de humidade do solo e sistemas de deteção remota via satélite. A adoção destas ferramentas gera uma rega mais precisa, minimizando perdas. Estudos indicam poupanças de até 50% no consumo de água quando se implementam sistemas inteligentes baseados em dados de ET_0 e sensores de humidade, em comparação com técnicas tradicionais [81].

Cálculo da Necessidade de Água para Irrigação de Zonas Verdes Urbanas

Para definir adequadamente a quantidade de água a aplicar em espaços verdes, o primeiro passo consiste em relacionar as exigências hídricas das plantas com a evapotranspiração de referência (ET_0), estimada a partir de parâmetros climáticos (radiação solar, temperatura, humidade relativa e velocidade do vento). A equação de *Penman-Monteith*, descrita na FAO-56 [85], permanece um dos métodos mais fiáveis para calcular a ET_0 , considerando as condições padronizadas de um relvado bem cuidado com altura uniforme de cerca de 12 cm. Contudo, devido à complexidade e à necessidade de múltiplos parâmetros, é frequente recorrer-se a ferramentas especializadas (por exemplo, *CropWat* [86]) ou dados fornecidos por serviços meteorológicos, ainda que nem sempre estejam atualizados ou acessíveis gratuitamente.

Quando o espaço verde é relativamente homogéneo ou concentra-se numa só espécie dominante, a evapotranspiração real (ET_c) é dada pela relação clássica:

$$ET_c = ET_0 \times K_c,$$

onde K_c é o coeficiente cultural da espécie vegetal ou grupo dominante.

No caso dos espaços verdes urbanos, onde coexistem múltiplas espécies com diferentes exigências hídricas, densidades variáveis e condições microclimáticas distintas, torna-se mais adequado recorrer a um coeficiente de jardim (K_j) [80], [85]-[87]:

$$K_j = K_e \times K_d \times K_m,$$

onde K_e é o coeficiente relativo à espécie predominante da hidrozona, K_d representa o grau de cobertura vegetal (densidade), e K_m ajusta a estimativa às condições microclimáticas locais (exposição solar, sombreamento, etc.).

Em jardins já consolidados, costuma-se adotar K_e igual ao da espécie com maior exigência hídrica, para não subdimensionar a rega. Existem tabelas e estudos (incluindo *Manual de Riego de Jardines* [87]) que fornecem valores detalhados de K_e para mais de 800 plantas, permitindo identificar espécies de baixo consumo ou adequadas à disponibilidade hídrica local.

Quando a disponibilidade de água é limitada ou se pretende reforçar a resistência das plantas (por exemplo, aprofundar o sistema radicular ou antecipar a queda das folhas em espécies de folha caduca, que exigem menos água neste período), pode-se recorrer à rega deficitária controlada. Nesse contexto, introduz-se o coeficiente de stress (K_s), que permite reajustar a evapotranspiração efetiva (ET_c real):

$$ET_c \text{ real} = ET_0 \times K_j \times K_s.$$

Este resultado pode designar-se Necessidade Líquida de Rega (NIR). Se existir precipitação durante o período de cálculo, a fração efetivamente aproveitada pelas plantas (P_e) é subtraída, obtendo-se:

$$NIR = ET_0 \times K_j \times K_s - P_e,$$

onde P_e representa a fração da chuva efetivamente aproveitada pelas plantas.

O valor de P_e (precipitação efetiva) pode ser estimado de diferentes formas, dependendo da precisão pretendida e da disponibilidade de dados. Em fases iniciais de planeamento ou em estudos de carácter exploratório, admite-se frequentemente uma fração fixa da precipitação total (P), ajustada por um fator de aproveitamento (f), que varia entre 0,7 e 0,9, conforme a textura do solo, o declive e a cobertura vegetal. Assim, uma estimativa prática pode ser dada por:

$$P_e \approx P \times f,$$

sendo, por exemplo, $f = 0,8$ para solos moderadamente permeáveis em condições urbanas típicas. Este método simplificado é útil para cenários de pluviosidade regular e bem distribuída, mas tende a sobrestimar o valor de P_e em situações de chuvas intensas, solos saturados ou declives acentuados.

Nestes casos, pode ser aplicada a metodologia do USDA, baseada em balanços hídricos:

Para $P < 250$ mm:

$$P_e = (P \times (125 - 0,2 P)) / 125$$

Para $P > 250$ mm:

$$P_e = 125 + 0,1 P$$

Este método incorpora de base empírica a capacidade de retenção do solo e permite estimativas mais fiáveis da água realmente disponível para a vegetação em contextos de clima instável ou em transição.

Por fim, para determinar a necessidade bruta de rega, é indispensável considerar a eficiência do sistema de rega (E_f), que expressa a fração de água realmente aproveitada pelas plantas. A fórmula final é:

$$\text{Necessidade bruta} = \text{NIR} / E_f$$

No Anexo 1 encontram-se coeficientes e parâmetros específicos, aplicáveis a diferentes cenários urbanos, que podem ajudar a ajustar de forma ainda mais rigorosa as necessidades hídricas. Seguindo estes cálculos, constrói-se um plano de rega coerente com as características do terreno, da vegetação e do clima, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos. Com base nesta estimativa, definem-se tanto a frequência quanto o método de irrigação mais adequado para cada área do espaço verde, garantindo maior durabilidade da vegetação e evitando desperdícios de água.

Métodos de Irrigação: Eficiência e Aplicações

Selecionar o método de irrigação condiciona o uso da água em espaços verdes urbanos. Cada sistema apresenta vantagens e desvantagens, e a decisão final deve considerar as características do local, as necessidades das plantas e os recursos disponíveis. Embora todos visem melhorar a eficiência hídrica, cada um detém particularidades. Em muitos casos, combinar diferentes métodos pode ser mais eficaz, exigindo um planeamento detalhado. A criação de setores na rede de rega, por exemplo, ajusta o caudal às exigências da vegetação e às propriedades do solo, reduzindo desperdícios e melhorando a distribuição.

Historicamente, as primeiras técnicas basearam-se em práticas agrícolas antigas, como as conduções de água por gravidade nas margens do Nilo, que eram eficientes para a época. Com a expansão das áreas ajardinadas nas cidades e a necessidade de poupar recursos, surgiram inovações tecnológicas que transformaram as práticas de rega. Um exemplo marcante foi o aspersor de impacto, patenteado em 1935 por *Orton Englehart*. Este dispositivo destacou-se pela distribuição uniforme da água e pelo controlo preciso do volume aplicado, atributos fundamentais em relvados extensos e parques públicos. O sucesso da invenção conduziu à criação da *Rain Bird Corporation*, que se tornou uma referência mundial em sistemas de irrigação [88].

Os métodos, mais utilizados em espaços verdes incluem a aspersão, a pulverização, a rega gota-a-gota, a microaspersão e a rega manual. Cada qual procura melhorar a eficiência de aplicação da água, embora apresente particularidades que o tornam mais adequado a determinadas situações. A Figura 2.10 ilustra alguns destes métodos.



Figura 2.10 - Principais tipos de sistemas de irrigação. Com base em imagens de [89].

A aspersão, que funciona geralmente a pressões entre 2 e 4 bar (podendo chegar a 5 bar conforme o modelo), projeta a água num padrão circular e cobre, em média, 10 a 24 m de diâmetro, simulando a precipitação natural [90], [91]. Este método é amplamente utilizado em grandes relvados e parques, mas a sua eficiência pode ser reduzida em condições de vento intenso ou altas temperaturas, quando as gotículas (geralmente entre 500 e 3000 μm) podem ser dispersas ou evaporar antes de atingirem o solo.

Os pulverizadores (ou aspersores de menor alcance), por sua vez, cobrem áreas menores, operando a pressões entre 1,5 e 3 bar, distribuem gotículas mais finas, na faixa de 300 a 800 μm , com um alcance típico de 5 a 12 m [90], [91]. Embora imitem a precipitação natural, também são suscetíveis à ação do vento e das altas temperaturas.

A rega gota-a-gota apresenta elevada eficiência por disponibilizar a água diretamente na zona radicular, através de emissores pontuais (com caudais entre 1 e 4 l/h). Este sistema minimiza perdas por evaporação e escorrência, embora exija inspeções frequentes (idealmente 6 em 6 meses) para prevenir entupimentos causados por sedimentos e organismos [90], [91]. Existe também a versão subterrânea, em que os emissores são instalados abaixo da superfície, reduzindo ainda mais as perdas por evaporação e as interferências na camada superficial. Quando colocada a cerca de 10 cm de profundidade, pode diminuir o consumo de água em até 20-30% face à rega gota-a-gota superficial [92], [93].

A microaspersão segue princípio semelhante, mas liberta gotas ainda mais finas (entre 100 e 300 μm) e cobre áreas de 2 a 5 metros de diâmetro [90], [91]. Por ter menor alcance, requer mais emissores por área e manutenção para evitar obstruções, garantindo controlo preciso da humidade.

Os nebulizadores geram uma névoa cujas partículas têm dimensões inferiores a 50 μm e operam normalmente com pressões entre 4 e 7 bar, resultando numa humidade uniforme sem encharcar o solo [90], [91]. São adequados a estufas ou áreas de lazer que necessitam de aplicação suave de água para proteger a vegetação.

Importa ressaltar que os valores aqui apresentados (pressões de operação, diâmetros de cobertura, diâmetros das gotículas) podem variar em função do modelo de emissor, do fabricante e das condições ambientais locais (vento, temperatura,

humidade, tipo de solo, entre outros). Assim, recomenda-se a consulta às especificações técnicas dos equipamentos e a devida adaptação do sistema às características singulares de cada instalação.

Por fim, a rega manual, feita com mangueiras ou camiões-cisterna, oferece flexibilidade, mas tende a criar distribuição desigual, sobretudo em períodos de seca intensa, em que a precisão do volume aplicado é decisiva para evitar consumos excessivos.

A eficiência da irrigação depende de fatores como evaporação, deslocamento pelo vento, transpiração das plantas e infiltração no solo. Esses elementos reduzem a eficácia, sobretudo na aspersão e pulverização, onde as perdas por evaporação podem ser altas em situações de vento ou calor extremos. Para mitigar estes efeitos, a rega gota-a-gota costuma ser preferida, pois minimiza as perdas por evaporação e escurrimto [92],[94]. O Quadro 2.4 apresenta uma comparação destes métodos, considerando eficiência hídrica, perdas potenciais e necessidades de manutenção.

Quadro 2.4 - Comparação entre métodos de irrigação em espaços verdes urbanos.
Com base em [90], [91], [95]

Método	Aplicação Típica	Eficiência Hídrica	Perdas Potenciais	Manutenção
Aspersão	Relvados urbanos, parques e praças públicas	Moderada (65-85%)	10-35% (vento, evaporação rápida, infiltração irregular)	Inspeção e ajuste da pressão dos emissores
Pulverização	Pequenos canteiros em jardins e passeios	Moderada (60-80%)	10-25% (vento, evaporação rápida)	Verificação dos bicos e ajuste da distribuição
Gota-a-Gota	Árvores jovens, arbustos, jardins verticais, separadores viários	Elevada (85-95%)	<5% (entupimentos pontuais, variações no terreno)	Limpeza frequente dos tubos e substituição de emissores entupidos
Micro-aspersão	Canteiros de flores, arbustos e árvores jovens	Boa (75-90%)	5-15% (vento, entupimentos nos emissores)	Limpeza regular dos emissores para evitar obstruções
Nebulização	Estufas, jardins sensíveis, espaços sombreados	Alta (70-90%)	5-20% (ajuste de pressão inadequado, evaporação acelerada)	Ajuste regular da pressão e controlo da humidade
Rega Manual	Pequenos jardins, floreiras, zonas de difícil acesso	Baixa (40-60%)	Até 50% (uso excessivo, falta de controlo no volume aplicado)	Dependente da experiência do operador e frequência de aplicação

Após a análise do quadro, percebe-se que a escolha do sistema de irrigação deve ser feita com base numa avaliação cuidadosa de várias variáveis. Características do local, como o tipo de solo, a presença de superfícies impermeáveis e a proximidade de edifícios. Por exemplo, em áreas pequenas, a forte proporção de superfícies

impermeáveis e a proximidade de edifícios elevam a evaporação e diminuem a infiltração, tornando difícil uma distribuição homogênea, sobretudo na aspersão, que pode originar perdas consideráveis [96].

Além de escolher o método, a eficiência da rega depende da distribuição uniforme da água, da compatibilidade com o tipo de solo e da programação correta dos ciclos. Caso não haja uniformidade, geram-se zonas com excesso ou déficit de água, aumentando o consumo sem melhorar a vitalidade vegetal. Há que verificar a disponibilidade de água, o caudal e a pressão antes de implementar o sistema [80].

Outro ponto importante é a intensidade de aplicação. Cada sistema tem parâmetros como ângulos de dispersão, raios de cobertura e taxas de descarga, que influenciam o tempo de funcionamento e a quantidade total de água necessária. Conforme ilustrado na Figura 2.11, um design adequado assegura cobertura homogênea, deteta lacunas na cobertura e evita tanto o excesso como o déficit de água [84].

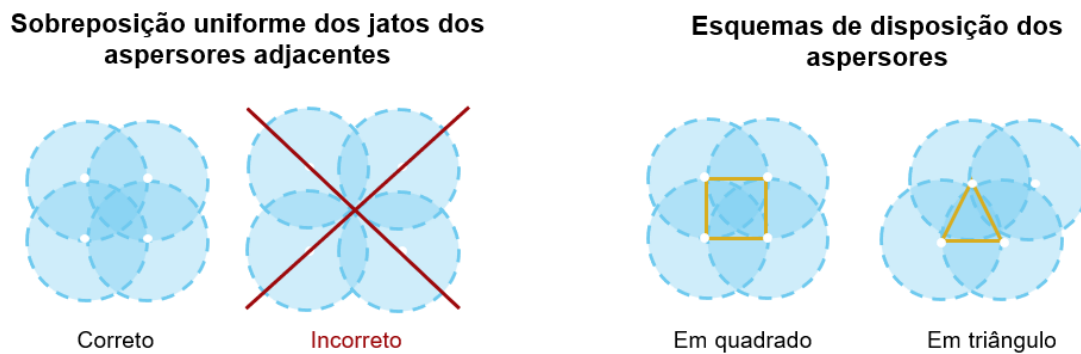


Figura 2.11 - Distribuição e disposição correta dos aspersores para cobertura uniforme.
Adaptada de [97].

Importa referir que, em muitos casos, faltam ainda projetos completos e detalhados, elaborados por profissionais qualificados. Sem um planeamento rigoroso, as instalações de rega baseiam-se em critérios indefinidos ou meramente financeiros, conduzindo a problemas de funcionamento e manutenção. Por vezes, o gestor desconhece as especificações técnicas e os procedimentos de gestão eficiente, o que resulta em distribuição desequilibrada de água, pressão insuficiente ou excessiva, menor vitalidade das plantas e custos de manutenção acrescidos. A ausência de requisitos mínimos para aprovar projetos de irrigação e a carência de entidades especializadas em avaliar a componente hidráulica e paisagística geram práticas pouco profissionais, onde materiais e equipamentos nem sempre obedecem a parâmetros de eficiência e durabilidade. Essas fragilidades afetam a preservação dos recursos hídricos e limitam a adoção de estratégias sustentáveis [98].

Portanto, todos os sistemas de rega exigem um planeamento detalhado que inclua cálculos hidráulicos, desenhos pormenorizados e a definição de pressão e espaçamento entre emissores. O plano deve ser bem estruturado, com símbolos técnicos adequados e esquemas claros, integrando um mapa quantitativo e toda a memória de cálculo. É igualmente essencial contemplar o dimensionamento das tubagens (perdas de carga e diâmetros), a localização de válvulas e reguladores de pressão, a setorização consoante

as necessidades hídricas e os tempos de rega para cada setor. Convém ainda incluir um memorial descritivo e justificativo, um orçamento detalhado e um cronograma de manutenção, assegurando coerência técnica e transparência [98].

Para apoiar esta conceção, recorre-se a ferramentas especializadas, como os plugins do QGIS (*QWater*, *EPANET Plugin*, *Watershed Modeling*, *WhiteboxTools*) e os módulos do AutoCAD (*Land F/X*, *RainCAD*, *Irricad*), que possibilitam modelar a rede de rega, calcular perdas de carga, simular cenários de pressão e otimizar o funcionamento geral. Desse modo, garante-se coerência técnica, integração com outras infraestruturas e uma visão global de cada componente do sistema.

Para exemplificar o funcionamento de um sistema de rega automatizado, apresenta-se a seguir na Figura 2.12 uma representação esquemática.

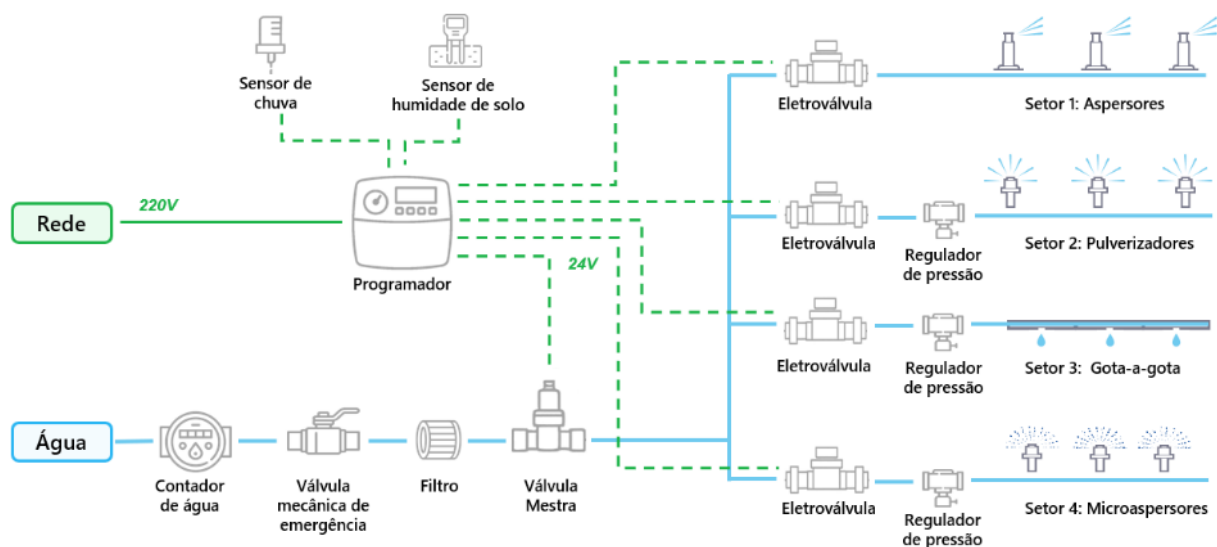


Figura 2.12 - Esquema funcional de um sistema de rega automatizado. Elaboração própria.

O diagrama ilustra a lógica de funcionamento: os sensores controlam a ativação do programador, que envia impulsos elétricos às electroválvulas de cada setor, de acordo com o calendário definido. A válvula mestra atua como proteção adicional, evitando fugas em caso de falha. A distribuição da água é feita por setores, com tipos de emissores ajustados às necessidades de cada zona. Em cada linha podem ser integrados reguladores de pressão sempre que o tipo de emissor como gota a gota, microaspersores ou pulverizadores ou as condições do projeto o justifiquem.

Para manter a rede de rega, recomenda-se inspecionar regularmente filtros e válvulas, substituir emissores e uniões quando necessário e avaliar custos de operação. A longevidade dos materiais também deve ser considerada, planeando a manutenção para prevenir imprevistos. O uso de sensores de humidade ou chuva e programadores eletrónicos contribui para evitar desperdício e preservar a vitalidade das plantas.

Programação e Ajuste da Irrigação: Otimização do Tempo de Rega

A programação da irrigação define períodos e durações de funcionamento do sistema, harmonizando a aplicação de água com as necessidades das plantas e as

condições ambientais. Com controladores automatizados, podem gerir-se diferentes zonas de rega e estabelecer prioridades.

A eficiência da rega depende diretamente de quatro parâmetros essenciais:

- dotação de rega, que representa o volume aplicado por ciclo;
- intervalo entre regas, que determina a frequência necessária;
- intensidade de aplicação, expressa em litros por metro quadrado por hora;
- tempo útil, ou seja, a duração efetiva da rega.

A definição correta destes parâmetros deve considerar cuidadosamente a capacidade de infiltração do solo, o tipo específico de vegetação e as variações climáticas, evitando perdas por escorrência, encharcamento ou défices hídricos.

O momento da rega afeta diretamente a eficiência com que as plantas utilizam a água e preservam a sua vitalidade. Estudos indicam que regar antes das 6:00 e após as 22:00 traz benefícios consideráveis. As temperaturas são mais baixas e a menor incidência de vento nesse horário reduzem as perdas por evaporação e facilitam uma maior retenção de água no solo, diminuindo a probabilidade de escoamento superficial em solos de infiltração lenta [80], [94]. Adicionalmente, regar nesses horários evita interferências com as atividades diárias em parques e jardins.

Regar pela manhã, enquanto o solo está fresco, possibilita que a água penetre nas raízes antes de a temperatura subir e acelerar a evaporação. Esta prática limita o escoamento, previne queimaduras solares em folhas mais sensíveis, mantém o teor de humidade adequado e dá às plantas maior tempo para absorverem água ao longo do dia. Regar no final da tarde ou início da noite é igualmente viável, pois a água permanece no solo durante a noite, embora possa elevar o risco de doenças fúngicas se as folhas ficarem molhadas por períodos prolongados.

O horário de rega também pode ter um impacto significativo dependendo da profundidade da zona radicular e do tipo de rega. Um estudo recente mostra que, para profundidades superiores a 15 cm, o horário de rega não influencia a eficiência da rega gota-a-gota. Já para camadas superficiais (de 0 a 15 cm), regar à tarde pode resultar em maior conteúdo de humidade, que se mantém por até 72 horas. Esta descoberta pode ser aplicada no planeamento de culturas de raízes superficiais, onde regar à tarde pode reduzir o consumo de água e aumentar a produtividade [94].

Adicionalmente, em solos compactados ou com declives, a utilização de ciclos curtos e repetidos durante a madrugada ou no início da manhã potencializa a infiltração e reduz o escoamento superficial, prevenindo desperdícios. Em solos arenosos, que retêm cerca de 10% de água, aconselha-se aumentar a frequência de regas, embora com volumes mais baixos. Já os solos argilosos, com capacidade de reter até 40%, permitem espaçar mais as regas, desde que se previna de encharcamento [80], [83].

A estratégia de irrigação deve ser adaptada também de acordo com as necessidades específicas das plantas e a dinâmica de retenção de água ao longo do dia. Relvados costumam exibir flutuações de humidade mais intensas, enquanto arbustos mantêm maior estabilidade devido às raízes profundas. Para relvados, a irrigação deve ser

mais frequente e superficial, enquanto para arbustos e árvores é mais eficaz aplicar volumes maiores de água em intervalos mais espaçados, favorecendo a infiltração profunda e a resiliência hídrica [99]. A exposição solar e a densidade de plantio também influenciam diretamente a necessidade hídrica [84].

A periodicidade e o volume de rega devem também ser ajustados de acordo com as fases do ciclo de vida das plantas. No caso de novas plantações, é fundamental equilibrar o fornecimento hídrico necessário ao desenvolvimento radicular e evitar excessos que possam originar instabilidade do solo ou apodrecimento das raízes [100]. Durante períodos de crescimento ativo, as variações de humidade no solo são mais marcadas nos relvados do que nas áreas de arbustos, o que exige um planeamento mais preciso para prevenir défices e desperdícios [99].

Por conseguinte, este equilíbrio hídrico reforça a saúde das plantas, reduz custos e minimiza o impacto ambiental. Quando associadas a monitorização contínua e práticas adequadas, tais recomendações simplificam as respostas a fases de maior procura hídrica, protegendo a vegetação e utilizando os recursos de forma equilibrada. A eficiência da irrigação, afinal, não se limita ao tipo de sistema, mas exige gestão integrada, combinando tecnologia, boas práticas e planeamento. O recurso a sensores, controladores e métodos baseados na evapotranspiração reforça o uso sustentável da água e a proteção das plantas ao longo do ano.

Tecnologias de Irrigação Eficiente

Em locais com acesso limitado à rede pública ou onde a água seja dispendiosa, a captação e o armazenamento de águas pluviais podem reduzir picos de consumo, desde que haja capacidade de reserva compatível com os períodos de rega. Esta solução requer uma infraestrutura adequada e um controlo rigoroso da qualidade da água, prevenindo obstruções nos emissores e incompatibilidades com o sistema de irrigação. Outra via para melhorar a eficiência reside na aplicação de sensores de chuva, que podem reduzir perdas de 25 a 75% ao suspenderem automaticamente a rega quando a precipitação satisfaz as necessidades das plantas [99].

De forma complementar, o uso de energias renováveis, como painéis solares para bombear água, reforça a eficiência na gestão, harmonizando consumo hídrico e energético. O recurso a bombas solares reduz a dependência da rede elétrica e os custos associados. A tecnologia fotovoltaica (PV) transforma radiação solar em eletricidade para operar as bombas, variando o desempenho conforme a insolação e a seleção de painéis [101], [102]. Em configurações simples, os painéis ligam-se diretamente à bomba, funcionando durante o dia sem encargos adicionais, embora sofrendo interrupções em períodos nublados. Para maior autonomia, podem utilizar-se baterias que armazenam energia para uso noturno, embora impliquem perdas e exigências de dimensionamento. Logo, a melhor opção depende do perfil de utilização de água [102]. Projetos que aproveitam energia em redes de abastecimento também reforçam a sustentabilidade global, ao incluir pequenas turbinas ou dispositivos de recuperação energética.

A recuperação energética em redes hidráulicas urbanas ou de rega surge como alternativa prática para reduzir custos operacionais e mitigar impactos ambientais. A introdução de PATs (bombas em funcionamento inverso) pode atingir boa eficiência com baixo investimento, adaptando-se às exigências locais. Redes espanholas e suíças já adotaram exemplos bem-sucedidos [103].

Monitorização e Análise de Dados para Eficiência

A integração de sensores de humidade do solo transformou a gestão hídrica em contexto urbano, adequando o consumo de água às necessidades efetivas de cada zona verde. Estes sensores registam leituras precisas acerca do teor de água no solo e enviam-nas para sistemas centrais que, por meio de algoritmos avançados, ajustam horários e volumes de rega [68]-[71]. Estudos apontam que a combinação de sensores e algoritmos pode reduzir o consumo de água em até 34%, segundo as condições locais [71], [81]. De todo modo, alguns trabalhos sublinham que há maior variação de humidade em relvados do que em áreas arbustivas, implicando calibragem frequente dos sensores. Em cenários de precipitação irregular, observou-se até 20% de diferença na retenção de água do solo entre zonas irrigadas e não irrigadas [99].

A eficácia do sistema aumenta ainda mais quando se conjugam sensores de humidade com dados meteorológicos (por exemplo, precipitação, temperatura, evapotranspiração, vento), permitindo antecipar ondas de calor, períodos de seca ou chuvas intensas e ajustando a rega em tempo real. O recurso a previsões online e bases climáticas complementa os dados locais, dando uma visão mais ampla e precisa das condições [104]. Em cenários simples, apenas integrando a variável da temperatura, relatam-se reduções até 26% no consumo de água [71].

Convém frisar, contudo, que automatizar a rega não garante, por si só, ausência de desperdícios. Um estudo [81] identificou situações em que se aplicavam coeficientes de rega desatualizados, o que originava volumes superiores ao necessário e perdas até 35,2% em certos locais. Para corrigir tais discrepâncias, recomenda-se a integração de sensores de humidade e algoritmos preditivos, o que permite refinar o volume aplicado, considerando diferenças microclimáticas e as características do solo.

Quanto aos equipamentos, importa que sejam energeticamente eficientes, estruturalmente robustos e funcionalmente práticos. Em locais sem rede elétrica contínua, há que empregar dispositivos de baixo consumo e baterias de longa duração. Um design compacto facilita a instalação em espaços reduzidos, enquanto a modularidade permite substituições rápidas de componentes avariados, garantindo a continuidade do sistema. Esses fatores são especialmente relevantes em projetos de grande escala, onde a relação custo-benefício pesa consideravelmente [68].

A proteção dos sensores revela-se outro ponto crucial. Em áreas urbanas, onde vandalismo ou roubo podem constituir problemas, é recomendável a instalação de sensores em caixas enterradas ou estruturas reforçadas, dificultando acessos não autorizados. Em locais com humidade extrema ou temperaturas altas, podem surgir danos durante as manutenções. Ensaios mostram que, enterrados até 10 cm, os sensores mantêm alcance de aproximadamente 1,7 km, suficiente para redes extensas

[69]. Em alternativa, estruturas tubulares em metal ou plástico podem proteger contra impactos e condições adversas, ainda que, por vezes, afetem a estética [105].

Estes sistemas também oferecem outra funcionalidade é a deteção automática de anomalias, por exemplo humidade excessiva sem correlação com regas ou precipitação recentes. Tal possibilidade auxilia na deteção de fugas e ineficiências no abastecimento, viabilizando respostas rápidas e prevenindo desperdícios. Também antecipam riscos como inundações urbanas, ajustando a rega de acordo com previsões meteorológicas e dados de humidade. Tal abordagem possibilita aos gestores locais planear intervenções e avaliar a viabilidade de novas plantações. O mesmo se aplica à monitorização geotécnica, que deteta sinais precoces de deslizamentos ou saturação do solo, protegendo infraestruturas e habitações.

Soluções Comerciais de Controlo e Programação

Para ilustrar melhor as oportunidades de gestão automatizada de rega, existem soluções inovadoras que otimizam tanto o controlo quanto a programação, em espaços urbanos ou residenciais. Um bom exemplo é a plataforma IQ4 [106], da *Rain Bird*, galardoada com um prémio de sustentabilidade em 2024. Gratuita e de interface intuitiva, esta ferramenta em nuvem permite monitorizar, programar e controlar remotamente vários locais, integrando ainda mapeamento de áreas de rega, previsões meteorológicas para ajustar automaticamente os ciclos de irrigação e notificações em tempo real. Estas funcionalidades favorecem alterações diárias consoante as condições meteorológicas ou as necessidades particulares de cada zona.

Para aproveitar plenamente o IQ4, são necessários programadores compatíveis com a conectividade em nuvem. Um exemplo recente é o Programador Inteligente RC2 [107], também da *Rain Bird*, que se liga ao Wi-Fi, incluindo redes públicas em meio urbano. Este modelo possibilita configurar e supervisionar a irrigação a partir de qualquer lugar, recebendo alertas e ajustando horários automaticamente, conforme as variações climáticas ou o tipo de vegetação. Assim, podem-se atingir poupanças de até 50% de água, ao adequar os volumes à real necessidade das plantas.

Contudo, por ser um dispositivo com fiação, o RC2 pode ser menos viável em locais sem infraestrutura elétrica. Ainda assim, IQ4 e RC2 demonstram o potencial de ferramentas de controlo avançado, embasadas em sensores e previsões meteorológicas, para otimizar consumos e minimizar perdas em diversos contextos.

Conectividade e Redes IoT na Gestão Hídrica

Para além das soluções comerciais, o avanço da IoT permite a integração de dispositivos inovadores em redes inteligentes, reforçando a eficácia e o controlo em processos críticos de rega. Em ambientes urbanos, acompanhar a humidade do solo e outras variáveis ambientais implica tecnologias de conectividade capazes de efetuar transmissões constantes e fiáveis. Entre as diversas soluções disponíveis [108]-[111], a tecnologia LoRa (*Long Range*) destaca-se pela elevada capacidade de cobrir grandes áreas com baixo consumo de energia, possibilitando transmissões de longa distância e reduzindo custos de instalação e operação.

O funcionamento da LoRa baseia-se na transmissão de dados em radiofrequência de longo alcance, facilitando a comunicação entre sensores dispersos. Estas características tornam-na ideal em áreas extensas, onde infraestruturas convencionais podem ser economicamente inviáveis. Com raio superior a 10 km em condições favoráveis e autonomia prolongada, a rede une eficiência e custos baixos [68], [105], [109]. A Figura 2.13 apresenta um esquema típico, evidenciando como os dados recolhidos pelos sensores são encaminhados para análise.

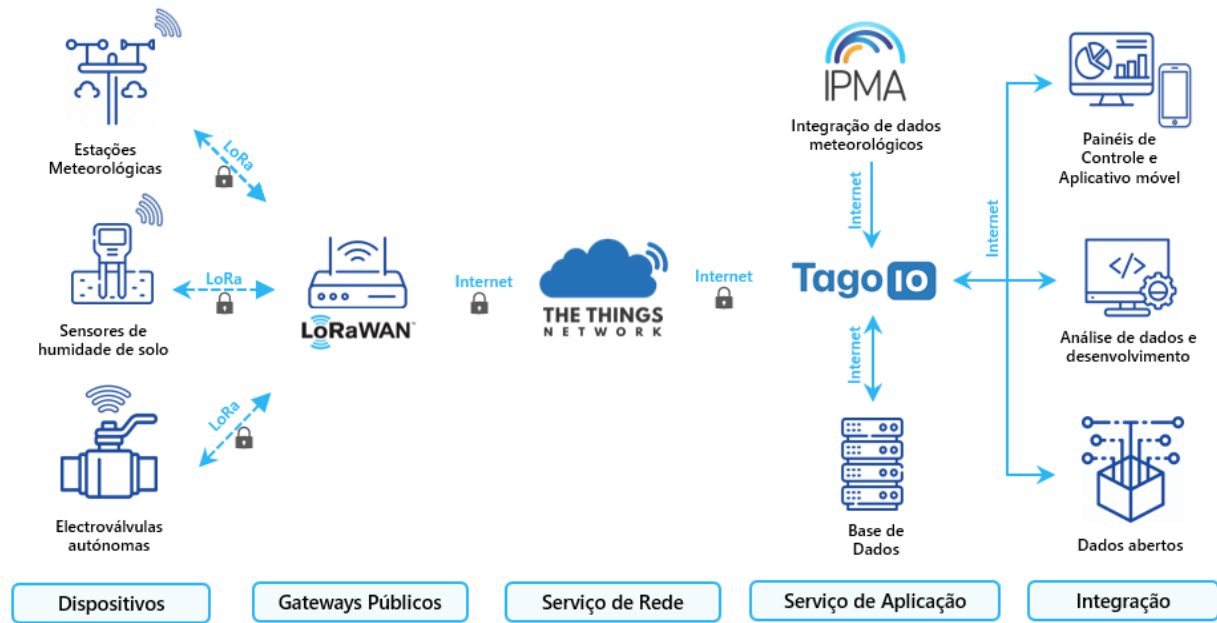


Figura 2.13 - Esquema simplificado da rede LoRa. Elaboração própria.

Neste sistema, estações meteorológicas automáticas recolhem parâmetros climáticos em locais estratégicos, enquanto sensores de humidade do solo medem o teor de água em intervalos pré-definidos, apoiando a gestão da rega. Os dados agregam-se em *gateways* públicos LoRaWAN, que criam uma rede de longo alcance e suportam comunicação bidirecional. Recebidos os valores, a plataforma de serviço de rede disponibiliza-os numa camada em nuvem, acessível por meio de APIs (interfaces de programação de aplicativos).

Nessa nuvem, serviços de aplicação como a *TagoIO* armazenam e analisam as leituras, cruzando-as com dados meteorológicos externos. Isto permite criar modelos de previsão e ajustar a estratégia de irrigação de acordo com as condições reais do solo. Por meio de válvulas autónomas com módulos LoRa, o operador consegue, à distância, controlar o fluxo de água. Com recursos de análise avançada e *machine learning*, é possível consultar indicadores de humidade, previsões meteorológicas e registos de consumo, bem como agendar a rega em interfaces gráficas. Já a abertura de dados promove transparência, incentivando terceiros a criarem novas soluções a partir das informações existentes, o que valoriza a gestão ambiental nas cidades.

Apesar de a infraestrutura LoRa já existir em Coimbra [112], a sua aplicação prática não foi ainda explorada pela gestão municipal. A versatilidade e os baixos custos fazem da LoRa uma solução promissora para monitorização hídrica e gestão de

espaços verdes, sobretudo se for associada a fontes de energia renovável (como painéis solares), reduzindo emissões de carbono e custos de operação. Desse modo, gera-se um ciclo fechado de energia e água, em que a monitorização e a irrigação operam de forma autossustentável.

Uma abordagem inovadora, desenvolvida por equipas de IoT, eliminou a necessidade de sensores de humidade convencionais. O método recorre ao próprio sinal LoRa para estimar a humidade do solo através da análise da permissividade dielétrica, refletindo alterações no teor de água. Ensaio com equipamentos LoRa comerciais apresentaram medições de humidade com erro médio de 3,1%, nível semelhante ao de sensores mais sofisticados, porém a custos inferiores [113], [114]. Trata-se, portanto, de mais uma alternativa que reforça a eficiência e sustentabilidade da gestão hídrica em áreas urbanas.

Monitorização e Indicadores de Gestão Hídrica

Uma vez garantidas a conectividade e a recolha de dados, a análise dos consumos e a definição de indicadores adequados constituem a base para uma gestão hídrica consciente em espaços verdes urbanos. Sem dados fiáveis e metas de referência, arrisca-se a usar água em excesso ou em falta, prejudicando a vegetação e os objetivos de sustentabilidade. O primeiro passo costuma ser medir o consumo por setor (m^3/dia ou m^3/semana), detetando consumos anormais e potenciais fugas. Em paralelo, avaliar a humidade do solo em profundidades específicas permite verificar se as plantas estão a receber água suficiente ou se ocorrem sinais de encharcamento. Já a avaliação da eficiência global do sistema, isto é, a proporção de água efetivamente utilizada pelas plantas em comparação com o total aplicado, mostra até que ponto a rega se revela eficaz.

Outro indicador frequentemente subestimado prende-se à deteção de fugas a jusante do ponto de medição, especialmente relevante em locais onde o pagamento não recai diretamente no utilizador (caso de escolas, parques ou instalações municipais). Nestes sítios, pequenas ruturas podem prolongar-se durante meses sem que ninguém reporte, causando perdas superiores a 50% do volume consumido [115], [116]. Em contraste com metodologias manuais, contadores inteligentes com leituras sincronizadas conseguem identificar consumos constantes em horários de pouca atividade, gerando alertas que facilitam respostas imediatas e evitam desperdícios. Esta abordagem torna-se mais eficaz se combinada com sistemas de análise em tempo real, cruzando dados meteorológicos, medições de humidade e algoritmos de deteção de anomalias.

Para que estes indicadores cumpram o seu papel, torna-se essencial ter um plano de ação que inclua revisões periódicas do estado dos emissores, calibrações de sensores e verificação da qualidade da água. A monitorização deve ser realizada com frequência compatível com as necessidades do espaço, garantindo respostas rápidas e intervenções preventivas quando surgem sinais de consumo excessivo ou desequilíbrios de humidade. Assim, a junção de dados fiáveis, tecnologia de ponta e rotinas de manutenção bem delineadas ajusta a rega às condições reais do solo e das plantas, reduz custos operacionais e melhora a sustentabilidade das infraestruturas verdes.

Exemplos de Implementações Práticas

Para além da sua aplicação teórica, vários municípios já adotam sistemas de rega inteligentes que permitem monitorizar e controlar remotamente a irrigação dos espaços verdes. O Porto, por exemplo, tem sido pioneiro ao implementar, desde 2014, um sistema automatizado em 14 parques e jardins, apoiado por sensores meteorológicos que ajustam ciclos de rega em tempo real e permitem poupar cerca de 15% de água por ano [117]. A Câmara Municipal de Vila do Conde também investiu em sensores e programadores com tecnologia LoRa e Bluetooth, alimentados por energia solar [118]. Em Vila Nova de Gaia, foram adquiridos sistemas de rega inteligente para 31 espaços verdes de habitações sociais, num investimento de 798 mil euros [119].

De acordo com um relatório de 2023, cerca de 69% das autarquias portuguesas já utilizam tecnologias associadas a *smart cities*, e 24,7% destas incluem sistemas de rega inteligente, comprovando a tendência crescente em práticas inovadoras na gestão sustentável dos recursos urbanos [120].

A integração de sistemas de rega automatizados demonstra, assim, a capacidade de ajustar a irrigação às variações climáticas e otimizar o uso da água. Ainda, para que o aproveitamento hídrico seja verdadeiramente sustentável, deve-se também gerir as águas pluviais. Neste sentido, os SuDS constituem um método de atenuar os efeitos da impermeabilização, controlando o escoamento e fomentando a infiltração e a evapotranspiração, processamentos que simulam o ciclo natural da água.

2.2.3 Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável

Desde o início da modernização urbana, a gestão das águas pluviais tem representado um desafio para o desenvolvimento sustentável das cidades. Foi no Reino Unido, na década de 1990, que surgiram os primeiros SuDS, introduzindo abordagens inovadoras para o controlo progressivo do escoamento pluvial em áreas impermeabilizadas. Ao contrário das infraestruturas tradicionais, baseadas em grandes coletores subterrâneos, os SuDS adotam uma abordagem descentralizada, atuando na origem do escoamento. Combinam métodos naturais, como infiltração e evapotranspiração, e promovem cada vez mais a captação e reutilização direta da água da chuva, respondendo com eficácia aos desafios ambientais impostos pela urbanização intensa.

Ao materializarem os princípios das SbN, os SuDS restauram funções ecológicas por meio de infraestruturas que imitam processos naturais. Exemplos como zonas húmidas construídas e jardins de chuva reproduzem mecanismos de filtração do solo e da vegetação [49]. Assim, favorecem o uso sustentável da água captada, que pode ser reutilizada em ciclos de irrigação, aliviando a pressão sobre os recursos hídricos.

Entre as estratégias de maior relevo destaca-se o conceito de "*Sponge Cities*" (cidades-esponja), cuja origem se encontra na China. Esta visão propõe a conceção de cidades capazes de absorver e reaproveitar grandes quantidades de água pluvial, diminuindo a poluição difusa, reforçando a resiliência urbana e estimulando a biodiversidade

local [121]. Tais soluções respondem ao aumento da procura por alternativas às infraestruturas convencionais, muitas vezes incapazes de lidar com fenómenos climáticos extremos.

A Figura 2.14, ilustra como o controlo do escoamento pluvial se pode organizar em diferentes níveis, realçando o papel prático dos SuDS na retenção, tratamento e redistribuição da água.

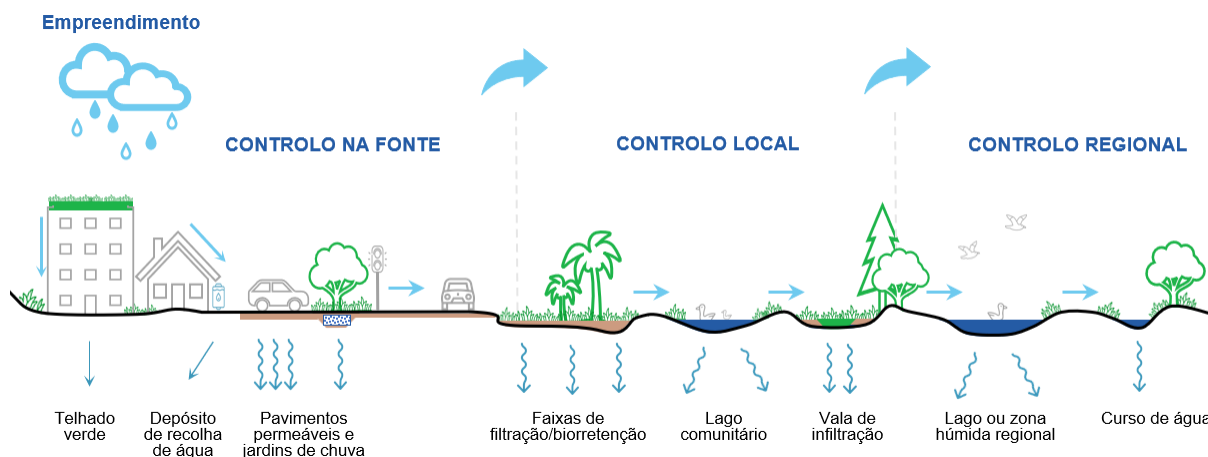


Figura 2.14 - Controlo de escoamento pluvial em diferentes níveis. Adaptada de [122].

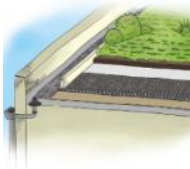
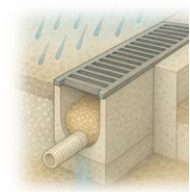
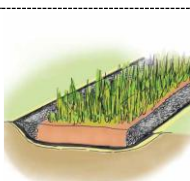
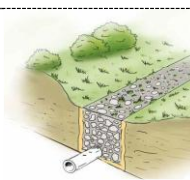
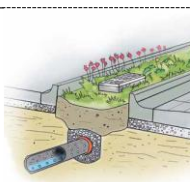
Nesta abordagem, pequenas unidades técnicas ligadas em série reduzem gradualmente o caudal e o volume de escoamento, além de melhorarem a qualidade da água. Deste modo, é preferível controlar na fonte antes de recorrer ao controlo local e, por fim, ao controlo regional. Sempre que possível, a água circula por sistemas de transporte naturais, como valas ou trincheiras de filtração, assegurando um tratamento mais descentralizado e eficaz.

Ainda que as soluções inovadoras sejam fulcrais, não se deve ignorar abordagens clássicas. Árvores urbanas, por exemplo, retêm entre 20% e 40% da precipitação em florestas densas, e cerca de 20% quando dispersas em áreas urbanas, atenuando picos de escoamento [113]. Adicionalmente, os sistemas radiculares reforçam a infiltração. Estudos indicam reduções de até 62% no escoamento superficial em canteiros ajardinados, enquanto a evapotranspiração, após a chuva, ajuda a secar o solo e repõe a capacidade de retenção para futuras precipitações. A interceção, a infiltração e a evapotranspiração, em conjunto com outras infraestruturas verdes, favorecem uma gestão integrada da água urbana [123].

Tipos de Soluções SuDS

Os SuDS englobam múltiplas abordagens, desde intervenções pontuais no local de formação do escoamento até dispositivos de retenção e libertação controlada. Além de regular o volume e melhorarem a qualidade da água, podem integrar-se harmoniosamente na paisagem urbana, criando espaços multifuncionais de lazer, abrigo de fauna e flora ou de uso comunitário. Para proporcionar uma visão global, o Quadro 2.5 apresenta as principais tipologias de SuDS, cada qual oferecendo contributos específicos para a drenagem sustentável, adaptada às diferentes características urbanas.

Quadro 2.5 - Principais soluções urbanas de drenagem sustentável. Com base em [124], [125]

Tipo de Solução	Descrição	Aplicações	Exemplos	Principais Benefícios	Principais Limitações
Aproveitamento de águas pluviais	Captura e armazenamento de água da chuva para reutilização	Cisternas em edifícios para rega, descargas de autoclismo e lavagens		Economia de água potável, redução do escoamento e menor necessidade de drenagem	Manutenção, necessidade de tratamento
Coberturas verdes	Telhados com vegetação que absorvem e retardam a água da chuva	Edifícios residenciais, comerciais ou industriais		Redução do escoamento, isolamento térmico e aumento da biodiversidade	Custo inicial, necessidade de estrutura reforçada e manutenção
Sistemas de infiltração	Estruturas que armazenam temporariamente a água e a infiltram no solo	Sumidouros, valas e bacias de infiltração em jardins e bermas		Redução de inundações, recarrega aquíferos e melhora a qualidade da água	Dependem da permeabilidade do solo e podem colmatar
Sistemas de tratamento proprietários	Dispositivos compactos para remover poluentes do escoamento	Separadores de óleo em estacionamentos, filtros em áreas urbanas		Melhoria da qualidade da água, úteis em espaços limitados	Custos, manutenção frequente e não controlam volumes de escoamento
Faixas de Filtração	Áreas vegetadas com ligeiro declive que retêm sedimentos e poluentes	Bordas de estradas, estacionamentos		Redução de poluição e proteção de outros sistemas de drenagem	Exigem fluxo uniforme e manutenção para evitar erosão e entupimentos
Valas de Filtração	Valas com brita que armazenam e filtram o escoamento	Bermas de estradas, áreas industriais e parques empresariais		Atenuam picos de cheia, removem poluentes	Podem colmatar com sedimentos e exigem manutenção
Valas de drenagem vegetadas	Canais rasos cobertos por vegetação para transporte, retenção e tratamento	Estradas, parques urbanos e loteamentos		Redução de inundações, melhoria da qualidade da água	Requerem espaço e manutenção para evitar erosão e perda de eficiência
Bio retenção/ Jardins de chuva	Jardins rebaixados que armazenam, filtram e tratam a água	Canteiros entre estacionamentos, passeios urbanos e pátios		Redução de escoamento, melhoria da qualidade da água	Necessitam de manutenção, saturam em eventos de chuva intensa

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Tipo de Solução	Descrição	Aplicações	Exemplos	Principais Benefícios	Principais Limitações
Árvores em SuDS	Árvores integradas que absorvem e filtram água por suas raízes e do solo	Passeios, parques e áreas urbanas com pavimento permeável		Melhoria da infiltração, redução do escoamento, benefícios ambientais e estéticos	Exigem espaço para raízes, escolha da espécie e manutenção arbórea
Pavimentos Permeáveis	Superfícies que permitem a infiltração da água para camadas inferiores	Estacionamentos, passeios, vias locais e pátios		Controlam o escoamento na origem, melhoram a qualidade da água	Perdem eficiência sem manutenção, podem precisar reforço estrutural
Tanques de retenção subterrâneos	Estruturas enterradas que armazenam água para liberação controlada	Reservatórios sob estacionamentos, ruas e infraestruturas urbanas		Mitigam cheias em locais densamente urbanizados sem ocupar espaço útil na superfície	Alto custo de instalação, difícil acesso para manutenção
Bacias de Detenção	Depressões que armazenam água, antes da descarga controlada	Parques urbanos, loteamentos e áreas verdes multifuncionais		Controlam cheias, melhoram a qualidade da água e servem como áreas recreativas quando secas	Exigem grande área e manutenção
Lagoas e zonas húmidas	Estruturas com áreas de vegetação aquática para retenção e tratamento	Parques urbanos e áreas de conservação		Reduzem cheias, melhoram a qualidade da água e criam habitat para a biodiversidade	Requerem manutenção especializada, podem assorear com o tempo

A introdução destas soluções mitiga os efeitos negativos da impermeabilização do solo, melhorando a resiliência hídrica das cidades. Quando combinadas adequadamente, tornam a gestão da água mais eficiente, aliviando infraestruturas tradicionais e reforçando a recarga natural dos aquíferos.

Em regiões de clima mediterrânico, os SuDS revelam-se ainda mais relevantes, pois as áreas verdes enfrentam secas prolongadas. A recolha e o armazenamento da água da chuva contribuem para atenuar a escassez, reabastecendo o solo e conservando as zonas verdes durante o ano. Para isso, o planeamento urbano deve considerar declives e encaminhar a água até locais de infiltração, em vez de a direcionar para a rede de drenagem. Passeios e pavimentos podem orientar o escoamento para jardins de chuva, enquanto estacionamentos podem integrar valas de infiltração. Telhados verdes ajudam a manter a vegetação e fornecem água para usos não potáveis. Finalmente, fixar metas mínimas de aproveitamento de água pluvial acelera a adoção destas medidas, aliviando as infraestruturas de drenagem e fortalecendo a resiliência das cidades [126].

Benefícios Ambientais, Sociais e Económicas dos SuDS

A aplicação de SuDS não se limita ao controlo do escoamento pluvial. Além de satisfazer as necessidades técnicas de drenagem, oferece um conjunto de vantagens que abrange vertentes ambientais, sociais e económicas. Em particular, os SuDS melhoram a qualidade da água, apoiam a biodiversidade local, promovem a integração comunitária e trazem vantagens económicas apreciáveis a médio e longo prazo. Uma das mais relevantes contribuições consiste na filtração e tratamento das águas pluviais. Infraestruturas como filtros vegetados e zonas húmidas construídas removem poluentes (matéria suspensa, metais pesados, hidrocarbonetos) antes de a água atingir os cursos recetores, protegendo os ecossistemas e favorecendo uma maior sustentabilidade local.

A Figura 2.15 ilustrada em seguida, evidencia a importância de equilibrar quatro pilares, reforçando a diversidade de benefícios que os SuDS podem gerar numa abordagem hídrica sustentável.



Figura 2.15 - Pilares dos objetivos dos SuDS. Elaboração própria.

Para além da solução técnica em si, os SuDS oferecem vantagens económicas significativas. Ao priorizar retenção e infiltração na origem do escoamento, reduzem a dependência de grandes infraestruturas cinzentas, muitas vezes onerosas. Exemplos internacionais ilustram esta perspetiva. Em Nova Iorque, proteger as bacias hidrográficas *Catskills-Delaware* evitou investimentos estimados entre 6 e 8 mil milhões de dólares e gerou poupanças anuais de cerca de 300 milhões. Do mesmo modo, em Filadélfia, a substituição de soluções tradicionais por infraestruturas verdes trouxe economias superiores a 7 mil milhões de dólares em 25 anos, bem como maior resiliência urbana [127]. Estes casos mostram como a incorporação de soluções sustentáveis no planeamento urbano favorece o ambiente e beneficia as finanças municipais.

Estudos realizados no Reino Unido [128] confirmam que, em projetos de qualquer dimensão, o custo de construção dos SuDS é inferior ao da drenagem convencional. As principais razões sintetizam-se no Quadro 2.6.

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Quadro 2.6 - Principais fatores de custo na comparação entre SuDS e drenagem convencional.
Adaptado de [128].

Critério de análise	SuDS (superfície)	Drenagem em tubagem (convencional)
Profundidade de escavação	Mínima ou nula; obras pouco intrusivas	Escavações profundas, por vezes > 3 m
Objetivos cobertos	Quantidade, qualidade, amenidade, biodiversidade	Apenas escoar água até ao emissário
Local de armazenamento	Distribuído «na origem», em série de elementos	Concentrado no fim da linha (tanque/bacia)
Integração no projeto	Espaço multifuncional, parte da paisagem	Infraestrutura separada e enterrada
Manutenção	Incluída na jardinagem corrente	Operações dedicadas (limpeza de caixas, câmaras)

Em síntese, os SuDS aliam funcionalidade hidráulica a utilidades recreativas e ecológicas, eliminando escavações profundas e concentrando a manutenção nas rotinas normais de gestão da paisagem.

Resiliência Urbana e Integração Comunitária

Os SuDS reforçam a resiliência em distintas escalas e contextos, proporcionando ganhos que vão além da mera redução de impactos ambientais. Em áreas urbanas densas, infraestruturas como telhados verdes e pavimentos permeáveis contribuem para controlar o escoamento, atenuar o efeito de ilha de calor e melhorar a eficiência energética dos edifícios. A Figura 2.16 apresenta um dos muitos exemplos de Londres, onde intervenções de pequena dimensão podem tornar a cidade mais verde e confortável. Já nas áreas suburbanas, bacias de retenção e zonas húmidas artificiais gerem elevados volumes de água, criando habitats naturais e espaços de lazer.



Figura 2.16 - Exemplo de integração de SuDS em contexto urbano (Londres). Adaptada de [129]

Para além das vantagens técnicas e ambientais, os SuDS favorecem também a integração das comunidades no planeamento e na gestão dos espaços urbanos. Ao envolver os residentes na conceção e implementação das infraestruturas, reforça-se o sentido de pertença e a responsabilidade partilhada. A educação ambiental e as campanhas de sensibilização são fundamentais para dar a conhecer estes sistemas e motivar uma maior aceitação social a longo prazo. Se associadas a políticas

económicas como tarifas dinâmicas (nas quais o preço da água reflete a sua disponibilidade), as infraestruturas sustentáveis tornam-se ainda mais eficazes, promovendo a alteração de comportamentos [127].

Desafios na Implementação

Apesar de inúmeras vantagens, a disseminação dos SuDS enfrenta obstáculos técnicos, financeiros e administrativos. Destacam-se os elevados custos iniciais em comparação às soluções convencionais, a falta de regulamentação específica e dificuldades na operação e manutenção.

Do ponto de vista institucional, a ausência de enquadramento legal que promova explicitamente estas soluções é um obstáculo significativo. Estudos demonstram que, em muitos países, a legislação urbana ainda privilegia infraestruturas cinzentas, dificultando a adoção de soluções sustentáveis em maior escala. A experiência internacional mostra, no entanto, que a criação de regulamentações claras pode acelerar significativamente a adoção destes sistemas, facilitando a sua integração precoce no planeamento urbano [126]. Um exemplo concreto é o caso de Londres, onde desde 2019 se tornou obrigatório incluir estratégias detalhadas para SuDS nos novos projetos urbanísticos [130]. Essa exigência padroniza a apresentação das soluções sustentáveis já na fase inicial das propostas, contribuindo para a integração e eficiência da gestão das águas pluviais.

Outra dificuldade relaciona-se com a coordenação interna das autarquias. Em muitos casos, surgem divergências de metas entre as equipas técnicas responsáveis pela gestão hídrica, que tendem a preferir infraestruturas convencionais, e os departamentos de urbanismo, mais inclinados para soluções descentralizadas. Este desalinhamento dificulta as decisões sobre financiamento, atribuição de competências e manutenção das novas infraestruturas. Como consequência, muitas autarquias continuam a optar por abordagens clássicas, que já não respondem adequadamente às exigências ambientais e climáticas atuais [121].

Neste cenário, a eficácia da implementação dos SuDS depende fortemente da colaboração interdisciplinar. É necessária uma interação estreita entre engenheiros, arquitetos paisagistas, ecólogos e decisores políticos, para integrar soluções técnicas e requisitos de ordenamento urbano. Este esforço conjunto permite articular os SuDS com infraestruturas existentes, como áreas verdes, redes viárias, saneamento e abastecimento, evitando duplicação ou incompatibilidades técnicas.

A aplicação prática implica também um desafio técnico ligado às especificidades de cada local (tipo de solo, clima, relevo e intensidade pluviométrica), que podem variar muito e inviabilizar a replicação direta de soluções já testadas noutras regiões. Para assegurar o sucesso, os SuDS exigem uma análise detalhada de parâmetros como coeficiente de escoamento, períodos de retorno da precipitação e capacidade de infiltração do solo. Estudos recentes alertam que as normas atuais de dimensionamento já podem não ser suficientes nas próximas décadas devido às alterações climáticas, sugerindo que se aumente até 21% as dimensões das caleiras e 11% os diâmetros das tubagens para se adaptarem aos cenários previstos [16].

Finalmente, a disponibilidade de pessoal técnico qualificado constitui outro desafio crítico. Operações regulares como limpeza, manutenção dos sistemas vegetais e monitorização contínua são fundamentais para garantir o bom funcionamento e a longevidade destas infraestruturas. A escassez de pessoal qualificado em municípios com menores recursos pode, por isso, comprometer a eficácia destas soluções.

Mesmo assim, casos práticos em várias cidades europeias [127] evidenciam claramente que os SuDS são viáveis do ponto de vista económico, apesar de custos iniciais superiores aos das soluções tradicionais. Ao evitarem danos provocados por fenómenos extremos e diminuírem despesas de manutenção de infraestruturas convencionais, tornam-se altamente vantajosos no longo prazo, contribuindo para uma gestão urbana mais eficiente, económica e ambientalmente equilibrada.

Implementação dos SuDS em Portugal

Em Portugal, os princípios dos SuDS estão cada vez mais presentes nos regulamentos e instrumentos de gestão territorial e hídrica. O PENSAARP 2030 (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2024 e atualizado pela Resolução n.º 109/2024, traça uma estratégia de longo prazo para garantir a sustentabilidade do setor, atendendo ao ciclo urbano da água [20]. Este documento não só contempla o tema das águas residuais como sublinha a relevância das águas pluviais na política hídrica, propondo soluções alinhadas com sustentabilidade e integração urbana. Porém, apesar dos avanços, a efetiva transposição desta visão holística para a prática permanece desigual entre as diversas regiões, devido a restrições orçamentais, formação técnica e coordenação setorial.

A cidade de Lisboa é um exemplo notável, tanto pelas vulnerabilidades que enfrenta como pelas soluções inovadoras adotadas para mitigar os riscos de inundações. O Plano Geral de Drenagem de Lisboa [131] integra grandes intervenções com o intuito de reduzir os efeitos das cheias e melhorar a qualidade urbana. Entre as principais obras, destacam-se reservatórios subterrâneos, sistemas de retenção em áreas verdes e túneis de desvio que conduzem as águas para fora das zonas críticas, combinando tecnologia moderna e requalificação do espaço público, resultando em impactos diretos na segurança e na qualidade de vida.

Um caso concreto encontra-se no Parque Eduardo VII, onde canais de drenagem *MultiDrain 300* e reservatórios *ACO Stormbrixx HD* captam e armazenam as águas pluviais nos dias de chuva intensa [132]. Discretamente instalados sob o eixo central do parque, estes reservatórios libertam gradualmente a água para o solo e áreas verdes, aliviando a rede de esgotos e maximizando o aproveitamento de recursos hídricos.

Outro projeto de grande envergadura na capital é o sistema de túneis de drenagem. O túnel Monsanto-Santa Apolónia (TMSA), com cerca de 5 km de extensão, e o túnel Chelas-Beato (TCB), com 1 km, formam uma rede subterrânea que desvia elevados volumes de água durante tempestades. Ambos possuem 5,5 m de diâmetro interno e recolhem caudais em pontos mais altos, como Monsanto e Chelas,

conduzindo-os ao Tejo. Esta infraestrutura procura aliviar zonas críticas da cidade, como a Avenida Almirante Reis, reduzindo a frequência de inundações e reforçando a resiliência de Lisboa [133].

Fora da capital, também existem exemplos, embora de menor dimensão. Em Braga, a Escola das Enguardas instalou um sistema de aproveitamento de águas pluviais, com reservatório de 52 000 litros. A água recolhida é usada em sanitários e na limpeza, reduzindo significativamente o consumo anual [134]. Já em zonas industriais de Viana do Castelo, uma unidade industrial adotou o sistema *Ecobloc Maxx* para minimizar picos de caudal, recarregar aquíferos e promover uma drenagem mais eficiente [135].

No entanto, sejam projetos de larga escala ou pequenas iniciativas, ainda são pouco disseminados em grande parte do território nacional. Observam-se sobretudo medidas mais modestas e viáveis financeiramente, como pavimentos permeáveis ou bacias de retenção de pequena dimensão. Até mesmo soluções relativamente acessíveis, como jardins de chuva, continuam raras. Esta realidade aponta para a carência de maior sensibilização e de investimentos mais robustos, para integrar os SuDS como prática rotineira no ordenamento urbano e assegurar cidades mais resilientes e adaptadas às alterações climáticas.

Face às previsões de maior precipitação intensa, recomenda-se uma atualização dos critérios de dimensionamento dos sistemas de drenagem em Portugal. Estudos sugerem que, para mitigar o impacto das alterações climáticas, os novos sistemas de drenagem devem incorporar infraestruturas adaptáveis, como bacias de retenção e reservatórios subterrâneos, para acomodar os volumes crescentes de escoamento pluvial [16].

Após introduzir SuDS para gestão de águas pluviais, nota-se que o desempenho destes sistemas está intimamente ligado à vegetação. O recurso a espécies nativas e tolerantes melhora a infiltração e valoriza a identidade ecológica, fortalecendo processos naturais e contribuindo para um ambiente urbano mais equilibrado, que será analisado no próximo capítulo.

2.2.4 Uso de Espécies Vegetais Nativas e Adaptadas

A gestão sustentável de áreas verdes urbanas exige a escolha criteriosa de espécies capazes de suportar temperaturas extremas, períodos prolongados de seca e as pressões típicas da urbanização. Esta decisão deve equilibrar fatores técnicos, bem como aspetos sociais e económicos, assegurando que as plantas selecionadas mantenham um compromisso entre funcionalidade, valor estético e menor impacto ambiental. Ao privilegiar espécies nativas ou bem aclimatadas, reduzem-se custos de manutenção, reforça-se a coerência paisagística, incrementa-se a identidade local e criam-se corredores ecológicos que ligam zonas verdes urbanas a áreas naturais próximas.

CrITÉRIOS para a Escolha de Espécies Vegetais

Para assegurar a longevidade e o bom desempenho das zonas verdes, é fundamental estabelecer critérios rigorosos na seleção das espécies, sobretudo em locais expostos

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

a condições climáticas extremas. O Quadro 2.7 apresenta os parâmetros principais para esta análise, contemplando desde a adaptação ao solo e clima (edafoclimática) até à participação pública, passando pelas exigências de manutenção.

Quadro 2.7 - Fatores-chave na escolha de espécies vegetais. Com base em [136].

Fator/ Critério	Descrição / Impacto	Observações Práticas
Edafoclimático	Análise do solo (pH, textura) e clima (pluviosidade, temperaturas extremas).	Realizar testes de solo e consultar registos meteorológicos; adaptar à variação sazonal.
Exigências Hídricas	Necessidade de água e tolerância à seca.	Priorizar espécies de baixo consumo em zonas áridas; considerar reutilização de água.
Configuração do Espaço	Dimensão e layout do espaço disponível.	Adequar a seleção às características locais (zonas de sol/sombra, passagens pedonais, etc.).
Fatores Socioeconómicos e Participação	Custos, preferências culturais e envolvimento da comunidade.	Ponderar despesas, valor cultural e integrar a população nas decisões de plantio.
Resistência a Pragas e Poluição	Capacidade de reduzir tratamentos e tolerar poluição urbana.	Optar por espécies autóctones ou aclimatadas que minimizem o uso de pesticidas.
Biodiversidade e Ecologia	Atratividade de polinizadores, abrigo para fauna e melhoria do solo.	Combinar vegetais e promover corredores ecológicos.
Função Paisagística e Identidade Local	Contributo estético e ligação à identidade regional.	Harmonizar com o entorno; evitar espécies exóticas sem estudo prévio do seu impacto.
Manutenção	Custos e necessidade de cuidados (poda, rega, fertilização).	Definir calendários de manutenção e prever despesas a longo prazo.
Saúde e Bem-Estar Humano	Impacto na qualidade do ar e conforto dos habitantes (alergenicidade mínima).	Selecionar espécies que melhorem o ambiente e que apresentem baixo potencial alérgico.
Potencial de Invasividade	Risco de a espécie tornar-se invasora e comprometer a biodiversidade.	Preferir espécies nativas ou historicamente adaptadas, com monitorização contínua.
Horizonte Temporal de Crescimento	Velocidade de crescimento e dimensão final prevista das plantas.	Optar por espécies de crescimento rápido para sombra imediata ou lento para maior robustez e longevidade.

Algumas variedades ornamentais, sobretudo as que apresentam «flores duplas» ou são geneticamente modificadas, podem dispor de reduzida ou nula disponibilidade de pólen ou néctar, tornando-se «falsas flores» para polinizadores. Embora possam ser visualmente atrativas para o ser humano, não fornecem alimento aos insetos, comprometendo assim a saúde dos ecossistemas urbanos. Nesse contexto, no critério de «Biodiversidade e Ecologia», importa privilegiar espécies e cultivares que realmente ofereçam suporte a polinizadores.

Benefícios e Riscos Associados às Espécies Nativas

Optar por espécies nativas ou bem aclimatadas acarreta múltiplos benefícios. Estas plantas exigem menos rega, mostram-se mais resistentes a pragas e poluição urbana, e adaptam-se melhor a solos compactados. Simultaneamente, reforçam a identidade local, integrando valores históricos e culturais do território. Tal introdução enriquece a estrutura ecológica, criando habitats para fauna benéfica e facilitando o controlo natural de pragas. Há, por exemplo, recomendações que salientam a eficácia do controlo biológico através de plantas aromáticas e medicinais (PAM), como alecrim (*Rosmarinus officinalis*), alfazema (*Lavandula spp.*) ou zimbro (*Juniperus communis*), capazes de atrair organismos auxiliares (p. ex. joaninhas e vespas parasitoides) [82].

Apesar dos benefícios evidentes, a seleção de espécies deve ser criteriosa, pois existem também riscos associados. Plantas com pólen abundante podem desencadear alergias, enquanto raízes agressivas podem afetar pavimentos e tubagens. Da mesma forma, alguns utilizadores valorizam a sombra e a melhoria do ar providenciada pelas árvores, mas outros sublinham a queda de folhas, o risco de ramos partidos ou reações alérgicas [137]. Adicionalmente, espécies tóxicas em parques ou jardins podem representar uma ameaça desconhecida para o público [138]. Para apoiar a gestão destes riscos, por exemplo, foi recentemente lançado o *Guia Prático para o Planeamento de Espaços Verdes Urbanos com Baixo Impacto Alergénico* [139]. O documento descreve fatores que aumentam o potencial alérgico, indica espécies menos problemáticas e sugere práticas para minimizar o efeito do pólen na saúde pública.

Uma combinação ponderada de plantas exóticas adaptadas e vegetação nativa pode fortalecer a capacidade de resposta das zonas verdes às alterações climáticas. Certas exóticas florescem em fases em que a flora local está menos ativa, aumentando a oferta de alimento para polinizadores e enriquecendo os habitats [140]. Porém, a introdução de espécies previamente avaliadas quanto ao potencial invasor requer monitorização contínua e critérios de seleção rigorosos [141].

Tais preocupações impactam diretamente as políticas municipais, reafirmando a importância de avaliar minuciosamente as características de cada espécie, sem comprometer a segurança, a economia ou o bem-estar dos cidadãos.

Abordagens Complementares

Para além dos critérios e estratégias antes mencionados, a gestão sustentável dos espaços verdes pode beneficiar de abordagens inovadoras que complementam a seleção de espécies e otimizam a utilização dos recursos. Um exemplo é o método *Miyawaki*, que promove o plantio intensivo de espécies nativas para criar rapidamente florestas densas e autossustentáveis, demonstrando elevada eficácia na promoção da biodiversidade local e na consolidação de uma estrutura vegetal resiliente, mesmo em ambientes urbanos com condições climáticas adversas [142].

Já o *Xeriscape* (também conhecido como Xero jardinagem orienta o planeamento paisagístico para cenários de escassez hídrica, privilegiando espécies de reduzido consumo de água, sistemas de rega eficientes e a aplicação criteriosa de materiais

inertes. Esta abordagem permite reduzir substancialmente o consumo de água e os custos de manutenção, sem descuidar o aspeto estético nem a funcionalidade dos espaços verdes, mesmo em períodos prolongados de seca. Em determinadas localidades, a adoção destes princípios possibilitou reduções de até 60 % na água utilizada em áreas exteriores [143]. Neste contexto, destaca-se o manual espanhol [87], adaptado ao clima ibérico, que disponibiliza um guia de espécies adequadas a este método, descrevendo as suas aplicações e cuidados específicos, facilitando assim a implementação de soluções hidricamente eficientes no planeamento paisagístico.

Na Figura 2.17 ilustra exemplos de parques onde espécies de baixo consumo foram utilizadas para compor zonas de transição, destacando variações de porte e exigências hídricas.



Figura 2.17 - Exemplos de parques com espécies de baixo consumo: (a) Pollinator & Bird Garden, Pensilvânia, EUA; (b) Red Butte Garden, Utah, EUA; (c) Healdsburg Garden, Califórnia, EUA; (d) Parque Urbano de Vila Fria, Portugal. Fonte: [144]-[147].

A integração destas metodologias com os critérios de seleção de espécies, que visam a adaptação edafoclimática, a redução do consumo hídrico e o reforço da identidade local, pode gerar importantes sinergias. Assim, maximizam-se a diversidade e a resiliência ecológica e consolida-se um modelo urbano mais sustentável, onde a vegetação se desenvolve de forma robusta e o uso racional da água é assegurado. Esta visão integrada torna as zonas verdes não apenas mais atrativas, mas também aliadas fundamentais na adaptação aos desafios do aquecimento global.

Materiais Inertes em Alternativa

Sempre que o coberto vegetal não seja indispensável, pode privilegiar-se a utilização de materiais inertes, como casca de pinho, gravilha, seixos ou brita [82]. Desta forma,

mantêm-se a permeabilidade do solo e reduzem-se custos de manutenção, sem prescindir da funcionalidade ou de soluções esteticamente agradáveis. Esta abordagem enquadra-se em projetos de menor exigência hídrica, evitando regas desnecessárias, mas protegendo a superfície da erosão e da compactação.

Para preservar essas vantagens, recomenda-se evitar o emprego de telas plásticas anti-ervas (geotêxteis de polipropileno ou polietileno), uma vez que bloqueiam a respiração do solo, elevam a temperatura do substrato e podem acelerar a compactação. Quando se requer uma camada de separação, é preferível utilizar mantas biodegradáveis de fibras naturais (juta, coco ou palha), que permitem a infiltração da água e se degradam sem deixar resíduos [148],[149]. Assim, a seleção e a disposição dos inertes devem ser efetuadas com critério, atendendo ao sombreamento local, à cor e à granulometria, a fim de salvaguardar a permeabilidade e a sustentabilidade do espaço.

Relvados e Alternativas Sustentáveis

Tornar as zonas verdes urbanas mais eficientes passa, antes de tudo, por distinguir dois conceitos que muitas vezes se confundem: relvado e prado. O primeiro corresponde ao tapete denso e baixo, pensado para uso intenso e manutenção regular; o segundo é um coberto herbáceo mais heterogêneo, de corte espaçado, formado por gramíneas e outras espécies que convivem livremente.

Nos relvados propriamente ditos, a sustentabilidade faz-se sobretudo através da escolha de misturas de sementes adaptadas ao calor, à compactação do solo, à tolerância ao pisoteio e a necessidades hídricas moderadas. Por exemplo, a inclusão de *Festuca spp.* - valorizada pela resistência ao calor e baixa necessidade de rega - em conjunto com *Lolium spp.*, conhecido pela rápida germinação e elevada capacidade de regeneração, evidencia o compromisso com a sustentabilidade.

Estudos práticos reforçam estes critérios de escolha. Uma mistura para relvados composta por 10 % de *Poa pratensis*, 25 % de *Festuca rubra var. rubra*, 30 % de *Lolium perenne* e 35 % de *Festuca arundinacea*, irrigada por aspersão, mostrou que, face a um relvado maioritariamente de *Cynodon dactylon* com rega gota-a-gota subterrânea, é possível alcançar uma poupança de água superior a 40 % [93]. Estes dados evidenciam como a escolha adequada de espécies e de sistemas de irrigação reduz o consumo hídrico e otimiza a manutenção.

Tanto em relvados como em prados, recomenda-se a utilização de sementes inoculadas com micorrizas, fungos que estabelecem uma simbiose benéfica com as plantas, melhorando a absorção de azoto e a captação de água. Esta estratégia eleva a resistência à secura, ao mesmo tempo que reforça a estrutura do solo e protege a vegetação de organismos patogénicos, reduzindo a necessidade de rega [82], [83].

Nos prados, a estratégia é outra: aproveitar a precipitação natural e dispensar fertilização química sempre que possível. Uma das formas mais eficazes de tornar as zonas verdes mais sustentáveis passa pela adoção de prados adaptados ao clima local. Em contextos mediterrânicos, por exemplo, há espécies que se desenvolvem apenas

com a precipitação natural, reduzindo a necessidade de regas complementares. Para além de dispensarem fertilizantes, pesticidas e cortes frequentes, estes prados contribuem para a regulação térmica, atenuando o efeito de ilha de calor. Ensaios de quatro verões no norte da Europa mostraram que um prado manteve 85% da sua produtividade fotossintética após oito semanas sem chuva, enquanto um relvado não irrigado perdeu metade da produção e sofreu descoloração acastanhada [150].

Para potenciar o sucesso de prados, também é fundamental selecionar misturas de sementes adaptadas às condições locais. As misturas disponíveis combinam espécies distintas, focadas em objetivos como resistência ao calor, tolerância ao pisoteio e adaptação a áreas sombreadas, reduzindo as exigências de manutenção. Em prados de sequeiro, a adoção de leguminosas autóctones, como *Trifolium repens* e outras gramíneas que fixem azoto e consolidem o sistema radicular ajuda a prevenir a erosão e a promover a fertilidade natural do solo [82].

Tipos de Prados e Principais Características

Consoante os objetivos específicos de cada projeto urbano, podem ser adotadas diferentes abordagens na constituição de prados. O prado natural requer intervenção mínima, conservando espécies nativas e flores silvestres que promovem a biodiversidade local. Já o prado de sequeiro integra plantas altamente resistentes à seca, dispensando quase por completo a rega e aumentando a resiliência face à escassez hídrica. Para valorizar a componente estética, o prado florido faz uso de flores silvestres e gramíneas, embelezando o espaço urbano e atraindo polinizadores. Por seu lado, as propostas de prado biodiverso procuram estabilidade ecológica através de uma grande diversidade de espécies, enquanto o prado para polinizadores privilegia plantas nectaríferas cruciais para abelhas, borboletas e outros insetos. Por último, o prado ornamental, orientado para a valorização paisagística de parques e jardins, integra-se harmoniosamente em espaços públicos onde se pretende realçar o valor estético [151], [152]. A Figura 2.18 apresenta exemplos que evidenciam como estas tipologias de prado podem enriquecer a paisagem urbana, conferindo cor e textura ao espaço público.



Figura 2.18 - Exemplos de integração de prados urbanos em diferentes contextos paisagísticos: a) Fosso da Torre (Londres, Reino Unido); b) High Line (Nova Iorque, EUA). Fonte: [153], [154].

Num experimento replicado em seis parques ingleses, prados floridos com 25-30 espécies perenes e apenas um corte anual duplicaram a riqueza de escaravelhos e triplicaram a de abelhas face ao relvado aparado, confirmando o ganho direto

para a fauna urbana [155]. Cada tipologia apresenta requisitos específicos em termos de consumo de água, frequência de corte e impacto visual, contribuindo para a sustentabilidade das zonas verdes, além de reforçar o valor ornamental, a biodiversidade e a resistência à seca.

Em vários municípios portugueses e mediterrânicos, encontram-se exemplos positivos e também insucessos na aplicação de soluções ecológicas para relvados e zonas verdes. Por exemplo, em Cascais, a plantação de 245.607 m² de prados gerou uma poupança anual estimada em 309.465 m³ de água [156]. Já em Lisboa, o projeto *Life Lungs* no Parque da Bela Vista adotou prados de sequeiro, reduzindo drasticamente a rega e criando habitats específicos para polinizadores, aumentando a resiliência urbana perante cenários climáticos adversos [157].

A decisão entre espécies autóctones, mais tolerantes à seca, mas com um aspeto possivelmente menos verde em períodos áridos, e espécies tradicionais europeias, que se mantêm vigorosas com rega frequente, constitui um dos pontos-chave no planeamento das zonas verdes urbanas. Embora as plantas nativas exijam menos água e manutenção, podem adquirir tons acastanhados nos meses mais secos, o que nem sempre coincide com as preferências estéticas de alguns utilizadores. Em contrapartida, as espécies convencionais mantêm-se mais verdes, mas acarretam custos mais elevados e um consumo de água considerável [60].

Estudos recentes mostram que integrar elementos naturais, como árvores de grande porte que fornecem sombra, cursos de água ou pequenas bacias de retenção, pode criar ambientes frescos e acolhedores, independentemente do grau de «verdura» constante do relvado. Ou seja, a funcionalidade e a conceção cuidadosa passam a importar mais do que a aparência uniforme. Recomenda-se um planeamento global, que equilibre sustentabilidade, conservação de recursos e atratividade estética, sem descuidar a perceção dos diferentes grupos de utilizadores [60]. Segundo modelações [158], comunidades herbáceas concebidas em três estratos, com um tapete baixo de gramíneas, uma faixa intermédia de vivazes e pontos altos de floração, mantêm a maior diversidade de plantas e registam menos invasão mesmo com 10% de chuva adicional, revelando-se a configuração mais resiliente face às alterações climáticas.

Uma forma de conciliar a perceção estética com os benefícios ecológicos passa também pela criação de «zonas híbridas», em que as espécies mais exigentes se concentram nas áreas de maior visibilidade ou uso frequente, enquanto o restante coberto vegetal depende essencialmente da precipitação. Para demonstrar as vantagens deste modelo, aconselha-se a implementação de monitorização contínua, avaliando a sobrevivência das plantas, a poupança de água e a satisfação dos utilizadores. Esta estratégia dinâmico-adaptativa permite ajustar periodicamente as práticas de rega, garantindo uma gestão racional dos recursos hídricos. Este desenho em camadas permite reduzir em 30% o tempo de manutenção anual sem comprometer a cobertura verde, tornando-o particularmente adequado a parques com recursos limitados [158].

Arbustos e Herbáceas: Uma Transição Sustentável

Embora o debate recair muitas vezes nos relvados e prados, a introdução de arbustos aromáticos e espécies herbáceas nativas pode representar uma opção intermédia entre o tapete verde e as zonas arborizadas. Essas plantas de menor porte, frequentemente ignoradas, enriquecem o estrato intermédio de vegetação, favorecendo a biodiversidade, dado que muitas servem de abrigo e fonte de alimento para insetos e aves.

Exemplos de arbustos (Figura 2.19) adaptados incluem lavanda (*Lavandula spp.*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus spp.*) e sálvia (*Salvia officinalis*).

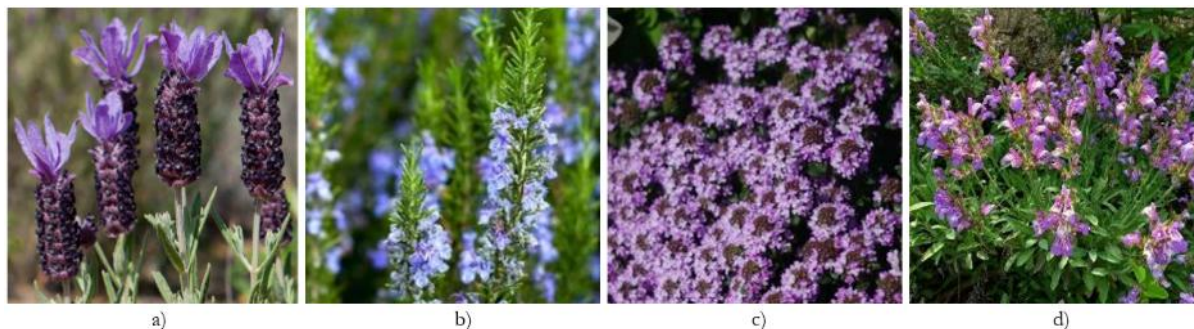


Figura 2.19 - Exemplos de arbustos adaptados: (a) *Lavandula stoechas*, (b) *Rosmarinus officinalis*, (c) *Thymus villosus* e (d) *Salvia officinalis*. Fonte: [89], [160]

São plantas que toleram verões secos, sol intenso e solos por vezes pobres. Estas plantas consomem menos água e libertam aromas que atraem polinizadores e favorecem o bem-estar dos utilizadores [159]. Já em áreas de semissombra, podem ser introduzidas herbáceas como a hortelã-brava (*Mentha suaveolens*), que exige irrigação pontual, mas permanece resiliente em climas mediterrânicos. Estas espécies de porte baixo a médio criam transições entre os prados (ou relvados) e as árvores, facilitando a progressão da paisagem em diferentes alturas e texturas.

Também reduzem a erosão e garantem maior infiltração de água no solo, potencialmente beneficiando a rede de drenagem urbana. Em algumas cidades, substituições parcimoniosas de relvados sedentos de água por canteiros aromáticos resultaram em poupanças substanciais e maior diversidade de insetos benéficos.

Para reforçar a retenção de humidade e proteger o solo, recomenda-se uma camada de *mulching* com materiais de maior granulometria, como cascas grossas, aparas de madeira espessas ou gravilha, num total de cerca de 5 a 7 cm [82]. Elementos volumosos degradam-se mais lentamente, evitam a compactação precoce e retêm melhor a água junto às raízes. Em contrapartida, aparas finas, apesar de esteticamente agradáveis, dispersam-se rapidamente e podem potenciar fungos, implicando reposições constantes. A cobertura mais densa reduz as infestantes, limita a erosão e melhora a infiltração de água, prolongando a eficácia da rega.

A poda sazonal requer atenção especial. Em espécies mediterrânicas, como o alecrim ou a alfazema, recomenda-se aparar as extremidades no final do inverno, antes do surgimento de novos rebentos, e remover hastes floridas no final do verão [82]. Assim, estimula-se um crescimento equilibrado, diminui-se o risco de doenças e

preserva-se a forma ornamental. Uma prática de poda regular também favorece a circulação de ar, minimizando a humidade excessiva e o surgimento de fungos.

Em síntese, arbustos e herbáceas bem-adaptadas ligam o estrato herbáceo ao arbóreo, criando mosaicos de vegetação que ampliam tanto a funcionalidade ecológica como a percepção sensorial do local. Estudos em zonas urbanas sem irrigação indicam que relvados perdem grandes quantidades de água por evaporação superficial, enquanto as árvores podem secar mais o solo em profundidade, dada a sua maior procura hídrica. Em contrapartida, arbustos apresentam menor evaporação e maior retenção de humidade, sugerindo uma capacidade acrescida de enfrentar períodos de seca prolongada [159].

Composição Arbórea

A arborização urbana vai além da simples plantação de árvores; envolve avaliar a espécie correta para cada contexto, tendo em conta porte final, profundidade de raízes, tolerância à seca e à poluição. Ao optar por espécies nativas, minimizam-se conflitos fitossanitários e diminui-se a exigência de rega. Adicionalmente, árvores de maior envergadura contribuem para a mitigação do efeito de ilha de calor, criando sombra e refrescando o espaço público.

A seleção deve considerar também a capacidade de contribuir para a drenagem urbana. Espécies de porte avantajado, com copas densas que conseguem reter percentagens relevantes de precipitação, aliadas a sistemas radiculares profundos que promovem a infiltração, oferecem um duplo benefício. Assim, a escolha destas espécies favorece, de forma integrada, a redução dos escoamentos imediatos e a melhoria da recarga dos aquíferos, contribuindo para um sistema hídrico urbano mais equilibrado [123].

É igualmente importante garantir uma distância adequada entre as árvores e os elementos construídos próximos (como pavimentos, tubagens ou fachadas), para prevenir danos estruturais ou interferências ao longo do tempo [80], [82].

Em cidades a substituição de árvores exóticas e sedentas de água por autóctones tem reduzido os gastos em rega e tratamentos fitossanitários, ao mesmo tempo que melhora o conforto térmico e a sensação de segurança nas ruas. Em Coimbra, estudos acerca da estrutura térmica urbana sugerem que árvores de copa densa, como *Tilia × europaea*, atenuam as variações bruscas de temperatura ao longo do dia e prolongam o arrefecimento, especialmente em zonas com elevada densidade arbórea [35]. Por sua vez, *Tilia cordata* apresenta um crescimento estável em espaços verdes e em contentores, mantendo a sua capacidade de regular a temperatura mesmo em condições de solo limitado [161].

A prática de instalar árvores em contentores cresce em áreas onde o subsolo se encontra congestionado por infraestruturas. Espécies como *Quercus pubescens*, *Quercus robur* e *Carpinus betulus* adaptam-se a solos mais reduzidos; já *Acer campestre*, *Prunus avium* e *Liquidambar styraciflua* destacam-se pela resistência a variações térmicas e um crescimento equilibrado em espaços confinados. Em contraste, *Pinus nigra* e *Fagus sylvatica* requerem contentores de maior volume e substratos com boa retenção

hídrica [162], [163]. A seleção do contentor afeta diretamente a retenção de água e a temperatura do solo, influenciando a transpiração e o crescimento radicular. A adoção de materiais isolantes, substratos com elevada capacidade de retenção e sistemas de rega automatizados ajuda a reduzir flutuações térmicas e a manter o desenvolvimento consistente, mesmo com volume de solo limitado [161], [162].

Desafios Legais e Envolvimento Comunitário

A implementação destas estratégias de revegetação enfrenta desafios técnicos e legais. Em vários locais europeus, a produção e a comercialização de sementes nativas regem-se por normas específicas, que por vezes dificultam a introdução de plantas não catalogadas ou com menor uniformidade genética. Contudo, estas regras estimulam um controlo de qualidade mais rigoroso e promovem a adequação das espécies a cada região. Em Portugal, a legislação em vigor segue orientações comunitárias e nacionais, mas nem todas as plantas autóctones integram catálogos oficiais [164]. Tal realidade requer abordagens colaborativas, envolvendo investigadores, produtores e autoridades, para garantir o fornecimento de variedades locais devidamente rastreadas.

Um exemplo de abordagem colaborativa encontra-se em iniciativas como a *Sementes de Portugal* [152], a *Sigmatum* [165] e *Index Sporarum et Seminum* do Instituto Superior de Agronomia [166], que recolhem, produzem e divulgam sementes nativas ajustadas às condições edafoclimáticas do território nacional. Ao trabalharem com municípios e gabinetes de arquitetura paisagista, demonstram como as plantas autóctones podem integrar projetos urbanos, fortalecendo a biodiversidade local e possibilitando uma revegetação mais sustentável.

Por outro lado, quando a comunidade participa no processo, os resultados tendem a ser mais duradouros. A sensibilização de moradores para a recolha de sementes ou a sua integração em iniciativas de plantação fortalece a perceção de corresponsabilidade na manutenção de espaços verdes. Projetos ganham credibilidade se estiverem apoiados por estudos agronómicos e ecológicos, assegurando a escolha de espécies que resistam às pressões urbanas sem comprometer a dinâmica do ecossistema [164].

Para que estas soluções baseadas na vegetação sejam efetivas, é preciso integrá-las no planeamento urbano e no quotidiano da comunidade, como se discute a seguir.

2.2.5 Planeamento Urbano e Participação Comunitária

O planeamento urbano deve envolver diretamente a comunidade local para garantir que as cidades respondam efetivamente às necessidades reais dos seus cidadãos. Frequentemente verifica-se uma discrepância significativa entre as prioridades identificadas pelos técnicos e as perceções e desejos dos utilizadores dos espaços públicos. Enquanto os técnicos tendem a priorizar aspetos estruturais e operacionais, tais como a manutenção e o desenho dos espaços verdes, os utilizadores atribuem maior importância à segurança, ao conforto e à tranquilidade, especialmente no

período noturno [167]. Tal divergência reforça a importância de incorporar processos participativos desde as fases iniciais dos projetos, criando espaços mais alinhados com a vivência quotidiana dos seus utilizadores.

As preferências comunitárias variam conforme fatores como idade, mobilidade e condição socioeconómica. Observa-se que cidadãos mais idosos e com melhores condições financeiras tendem a frequentar regularmente certos parques, enquanto jovens e indivíduos economicamente vulneráveis enfrentam barreiras no acesso a esses mesmos espaços [168]. Para superar tais desigualdades, o planeamento urbano deve garantir condições de acessibilidade física e social equitativas, proporcionando oportunidades iguais a todos, independentemente das suas características pessoais ou económicas.

Métodos participativos e envolvimento ativo da comunidade

A aplicação de métodos participativos melhora a qualidade das decisões urbanísticas ao envolver ativamente os cidadãos no processo de decisão, tornando-os cocriadores dos espaços que utilizam diariamente. Estudos recentes confirmam que estes métodos resultam em intervenções com maior aceitação por parte da população e promovem uma maior coesão social [169], [170]. Esta abordagem permite, ainda, captar e considerar as experiências práticas e quotidianas das comunidades locais, assegurando que as intervenções respondam de forma mais adequada às suas necessidades reais.

Ao analisar os diferentes níveis de participação comunitária, verifica-se que as abordagens tradicionais, geralmente limitadas a consultas públicas superficiais, têm limitações que precisam ser ultrapassadas. Nestes modelos mais convencionais, as opiniões da comunidade são recolhidas, mas raramente influenciam significativamente as decisões finais. Uma participação verdadeiramente eficaz exige que os cidadãos sejam envolvidos desde as primeiras fases dos projetos, assumindo papéis ativos nas decisões e acompanhando o desenvolvimento até à sua implementação final. Modelos mais avançados, como a coparticipação ou o controlo direto pelos cidadãos, demonstram resultados positivos ao criarem uma ligação direta entre as necessidades da comunidade e as decisões adotadas [170].

Ferramentas práticas para uma participação eficaz

Diversas ferramentas têm facilitado a comunicação entre grupos com interesses diferentes, ajudando a obter consensos mais objetivos. Entre estas destacam-se os mapas participativos, que permitem representar visualmente as prioridades comunitárias, e o método estruturado *Crowd Wise*, que facilita decisões conjuntas entre cidadãos com perspetivas variadas sobre um mesmo tema [171], [172].

Também questionários estruturados e entrevistas são utilizados para captar perceções detalhadas e transformá-las em informação útil ao planeamento estratégico. Os calendários sazonais, por exemplo, ajudam a compreender e antecipar necessidades específicas da comunidade ao longo do ano, contribuindo para uma gestão mais adequada dos recursos públicos [173]. Estas ferramentas têm potencial reconhecido no reforço da participação ativa dos cidadãos no

desenvolvimento urbano dos seus territórios [172], [174]. Um exemplo prático no Anexo 2 mostra materiais informativos utilizados numa consulta pública sobre a implementação de SuDS em *Wilton Way*, Londres. O folheto com materiais gráficos simples e visuais facilita a participação ativa dos moradores, esclarecendo-os sobre os objetivos e permitindo-lhes sugerir alterações diretamente durante as sessões.

A evolução tecnológica ampliou o potencial da participação comunitária por meio de plataformas digitais interativas. Estas ferramentas apresentam informações simplificadas e permitem aos cidadãos contribuir com sugestões em tempo real. Estudos recentes destacam exemplos concretos, como o uso de plataformas online em consultas públicas [175] e audiências públicas mais transparentes e interativas [174]. Outro benefício destas tecnologias é a possibilidade de organizar facilmente as opiniões recolhidas, reforçando a confiança das pessoas nos processos [167]. Além disso, simulações e jogos educacionais facilitam uma compreensão prática dos desafios urbanos, tornando a participação mais acessível e envolvente.

Um exemplo prático de sucesso que conjuga estas abordagens participativas e tecnológicas é o *Derbyshire Street Pocket Park*, em Londres (Figura 2.20). Neste projeto, a participação da comunidade foi contínua desde as primeiras fases, incluindo consultas públicas iniciais, ações práticas no terreno (como plantação coletiva), e também o acompanhamento dos resultados finais. Os cidadãos testemunharam diretamente os benefícios concretos das soluções aplicadas, como pavimentos permeáveis, telhados verdes, áreas verdes multifuncionais e espaços comunitários acessíveis [176].



Figura 2.20 - Exemplo de envolvimento e sensibilização da comunidade. Fonte: [176]

Atualmente, o espaço é regularmente utilizado para eventos comunitários, refletindo claramente as necessidades e sugestões apresentadas pelos moradores durante o processo participativo.

Desafios da Implementação de Processos Participativos

No entanto, a implementação efetiva dos processos participativos enfrenta alguns desafios significativos. Um dos problemas mais comuns é o fenómeno conhecido como *tokenismo*, em que as consultas à população são realizadas apenas simbolicamente, sem impacto efetivo nas decisões finais [174]. Este tipo de prática pode reduzir a confiança pública e diminuir a vontade de participação. Uma forma prática de evitar este problema é garantir que as contribuições comunitárias sejam

apresentadas publicamente após cada consulta, esclarecendo quais sugestões foram consideradas nas decisões finais. Este nível de clareza fortalece a credibilidade do processo e promove uma participação mais autêntica [170], [172].

Educação ambiental através da participação comunitária

A participação comunitária no planejamento urbano também está diretamente ligada à educação ambiental e à sensibilização das comunidades locais para práticas sustentáveis. Iniciativas como a criação de prados de sequeiro ou a utilização de espécies autóctones são boas oportunidades para esclarecer à população a importância destas abordagens adaptadas ao clima local. Sessões educativas direcionadas às escolas, visitas guiadas abertas ao público ou painéis informativos instalados nos próprios espaços verdes ajudam a compreender porque é que certos espaços assumem uma aparência mais seca em períodos específicos do ano. Esta compreensão evita interpretações erradas, como por exemplo a ideia de abandono ou má gestão, esclarecendo que se trata de práticas conscientes e ambientalmente apropriadas ao contexto climático.

A eficácia destas intervenções depende diretamente da articulação entre decisões técnicas rigorosas (seleção adequada da vegetação, desenho das áreas e manutenção constante) e as experiências quotidianas da comunidade. Este equilíbrio aumenta a aceitação comunitária e o sucesso ambiental e social das iniciativas urbanas.

Finalmente, para que o planejamento urbano participativo produza efeitos duradouros, é imprescindível ancorá-lo num diálogo interdisciplinar entre engenheiros, arquitetos-paisagistas, ecólogos, técnicos ambientais e cientistas sociais. Essa colaboração converge para soluções urbanas realistas, adaptadas às necessidades locais e ambientalmente sustentáveis, assegurando intervenções coerentes com as expectativas dos cidadãos e com os desafios ecológicos contemporâneos, e resultando em cidades verdadeiramente inclusivas.

2.3 Abordagens Interdisciplinares e Estratégias de Reorganização

Em síntese, a revisão efetuada demonstra que reorganização sustentável das zonas verdes urbanas exige uma visão que ultrapasse intervenções pontuais. É fundamental integrar conhecimentos de engenharia civil, ecologia urbana, arquitetura paisagista e ciências sociais, para conjugar soluções técnicas com a participação ativa dos habitantes. O planejamento urbano, por si só, não garante resultados duradouros se não houver uma colaboração efetiva entre diversos intervenientes.

Esta postura multidisciplinar assume-se como uma ponte entre as aspirações sociais, voltadas para a qualidade de vida e o bem-estar, e os valores ecológicos, que contemplam a preservação da biodiversidade e a eficiência na utilização dos recursos hídricos. Dum lado, a engenharia civil e a hidráulica promovem sistemas de drenagem adaptados às exigências urbanas, investigando formas de otimizar a captação, o armazenamento e a distribuição de água com menor impacto ambiental. Por outro lado, a ecologia urbana e a botânica viabilizam a utilização de espécies

autóctones e resistentes à seca, tornando a manutenção mais viável e reduzindo o dispêndio de água. A arquitetura paisagista, por sua vez, articula conceitos de design e funcionalidade, assegurando que os espaços verdes possam desempenhar funções estéticas, recreativas e ecológicas num único arranjo. Paralelamente, as ciências sociais e a governança reforçam o sentido de corresponsabilidade, integrando a comunidade nos processos de decisão e garantindo que as soluções sejam acolhidas e aprimoradas a longo prazo.

Neste contexto, a eficiência hídrica depende de estratégias que privilegiem tecnologias de monitorização em tempo real, métodos de rega inteligentes e estruturas que facilitem a infiltração e a retenção de água pluvial. Aliar estas soluções aos princípios das SbN permite desenvolver infraestruturas que funcionam em sintonia com os processos naturais, ao mesmo tempo que valorizam a paisagem e criam espaços de convívio para a população, incluindo investimento em educação ambiental para fortalecer a consciencialização coletiva.

Neste enquadramento, a eficiência hídrica resulta da interação entre quatro componentes estruturantes: planeamento técnico e infraestrutura adaptada, seleção vegetal adequada, tecnologias de rega e monitorização eficazes, e uma gestão local coerente e informada. A Figura 2.21 sintetiza visualmente as componentes essenciais que, em conjunto, sustentam a eficiência hídrica em espaços verdes urbanos, refletindo de forma integrada os contributos das diferentes disciplinas abordadas.



Figura 2.21 - Componentes essenciais para a eficiência hídrica em espaços verdes urbanos.
Elaboração própria.

Apostar nesta estratégia integrada é, portanto, repensar o modo como as cidades lidam com a água e com a sustentabilidade dos seus espaços verdes, envolvendo todos os que habitam e gerem o território. A procura pela eficiência na utilização dos recursos hídricos e pela adoção de sistemas de drenagem sustentáveis abre caminho a soluções mais inovadoras e equilibradas, onde a coesão social se une à responsabilidade ecológica. Esta conjunção de saberes e práticas cria estratégias que contribuem para uma transformação efetiva da paisagem urbana.

Na sequência deste enquadramento teórico, o próximo capítulo aprofunda a análise empírica, focalizando a área de estudo em Coimbra e avaliando as atuais práticas de gestão para identificar as principais oportunidades de melhorias e reorganização.

3 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO ATUAL DOS ESPAÇOS VERDES EM COIMBRA

Este estudo de caso foi desenvolvido no âmbito de um estágio realizado na Câmara Municipal de Coimbra (CMC), proporcionando acesso direto a informações detalhadas sobre a gestão das zonas verdes urbanas. O objetivo principal foi analisar os processos existentes e propor estratégias para melhorar o uso de recursos hídricos e promover práticas sustentáveis de manutenção.

A escolha da área de estudo baseou-se na sua relevância estratégica, ilustrando desafios comuns em cidades de médio e grande porte, como o consumo elevado de água, a necessidade de adaptar a vegetação às condições locais e os custos operacionais associados.

Durante o período do estágio, foram recolhidos e analisados diversos dados relativos às infraestruturas e aos padrões de gestão das zonas verdes. O contacto direto e regular com a equipa técnica municipal, aliado à consulta dos registos disponíveis, permitiu uma análise aprofundada das práticas atuais, assim como a identificação dos principais obstáculos à eficiência na administração destes espaços. Todos os quadros, gráficos e mapas apresentados neste capítulo foram elaborados a partir dessas informações.

O estudo foi conduzido em duas fases principais. Na primeira etapa, delimitou-se a área de estudo e realizou-se uma análise comparativa preliminar das zonas verdes, classificando-as de acordo com o seu estado atual e utilização de recursos hídricos. Essa fase inicial identificou as áreas prioritárias, necessitando intervenções mais detalhadas. A segunda fase concentrou-se num diagnóstico mais aprofundado da zona selecionada, incluindo propostas de melhoria e estratégias de requalificação.

Estas etapas são detalhadas no capítulo de metodologia, constituem a base para a implementação futura de soluções sustentáveis. Pretende-se que os resultados deste diagnóstico contribuam efetivamente para reduzir o consumo de água, melhorar a sustentabilidade das práticas de gestão e auxiliar na elaboração de diretrizes práticas para a gestão dos espaços verdes em Coimbra.

3.1 Definição da Zona de Estudo e Análise Comparativa Preliminar das Áreas Verdes

A delimitação da zona de estudo, conforme ilustrado na Figura 3.1, foi o primeiro passo para a análise deste trabalho, servindo de apoio tanto ao diagnóstico das dinâmicas urbanas como à estruturação de soluções sustentáveis.

A área selecionada localiza-se numa zona central de Coimbra e abrange grande parte da freguesia de Santo António dos Olivais e Sé Nova, além de secções menores da freguesia de Santa Cruz, Almedina e São Bartolomeu. Esta zona caracteriza-se por uma alta densidade populacional e uma grande concentração de infraestruturas urbanas.

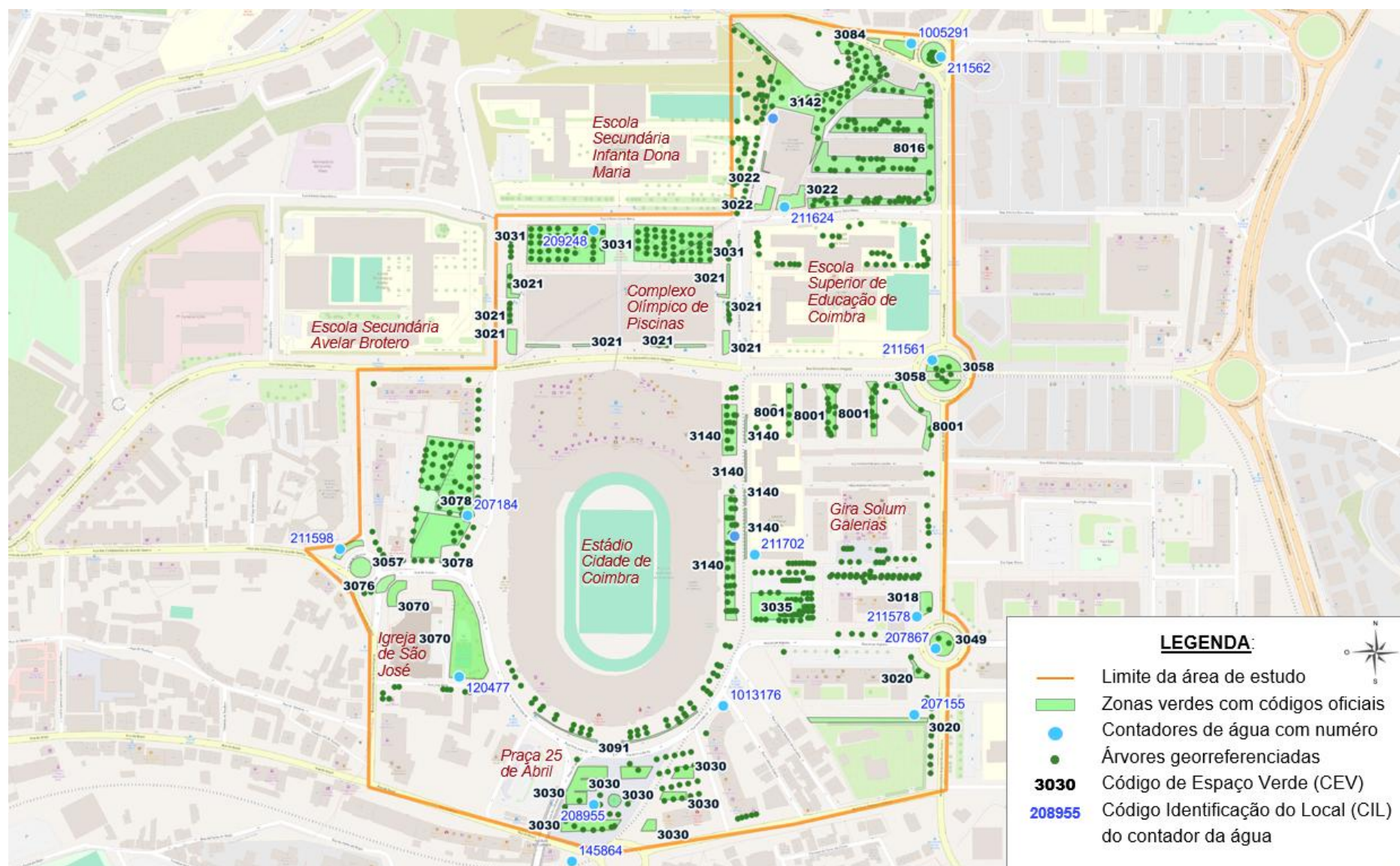


Figura 3.1 - Mapa geoespacial atualizado da zona de estudo em Coimbra

Mapa Geoespacial e Primeiros Levantamentos

A área de estudo é representada na Figura 3.1, com o contorno laranja, e abrange uma diversidade de espaços urbanos. Nela encontram-se áreas residenciais consolidadas e equipamentos urbanos de grande porte, como um estádio, um centro comercial, escolas, uma igreja e centros desportivos. Estas infraestruturas coexistem com espaços verdes de diferentes características, desde pequenas áreas relvadas até praças urbanas de maior dimensão. Paralelamente, a área encontra-se num processo de transformação devido à construção da linha de Metro Mondego. Este contexto também representa uma oportunidade estratégica para testar soluções inovadoras na gestão hídrica e ambiental da zona, sobretudo tendo em conta a sua reconfiguração quase total.

Para aproveitar esta oportunidade, foi essencial criar uma base de dados visual e integrada, que permita entender melhor as dinâmicas existentes na área. Assim, com recurso ao software QGIS, foi elaborado um mapa geoespacial (Figura 3.1), que identifica a distribuição das zonas verdes na área de estudo e das infraestruturas próximas, fruto da conjugação dos dados oficiais com as informações atualizadas.

Os códigos de quatro dígitos correspondem aos identificadores oficiais das zonas verdes no sistema municipal e em certos casos, um único identificador engloba múltiplos polígonos no mapa, refletindo a fragmentação do espaço real. Além disso, foram integradas no mapa as localizações georreferenciadas dos contadores de água, identificados por números de seis dígitos. A distribuição das árvores foi representada por pontos, baseando-se no inventário arbóreo municipal. Este suporte cartográfico orienta a organização das informações e sustenta as etapas seguintes do estudo.

Atualização das Informações

Posteriormente, um primeiro levantamento indicou que muitos dados precisavam de atualização devido a obras recentes, como a instalação de novos equipamentos ou modificações nas infraestruturas. Essa revisão permitiu retratar com maior fidelidade as condições atuais da zona de estudo, garantindo que as análises se baseassem em informações rigorosas e consistentes. Esses dados foram obtidos a partir dos registos municipais, de projetos de arquitetura e engenharia, e de bases georreferenciadas, sendo complementados com observações de campo, o que permitiu identificar possíveis divergências e corrigi-las. Ao mesmo tempo, foram realizados cálculos detalhados e analisados projetos técnicos e documentação adicional associados às zonas verdes e infraestruturas urbanas. Estas ações criaram a base de dados e ofereceram uma visão mais abrangente e precisa das condições atuais e históricas.

Organização dos Dados em Quadro Excel

Para organizar os dados recolhidos em cada zona verde, foram elaborados também quadros em formato Excel, apresentados no Apêndice 1-6. Este documento compila dados sobre as dimensões dos espaços (vários cálculos de área), a presença (ou não) de sistemas de rega, os consumos de água, os tipos de vegetação e as despesas de manutenção. A sua constituição exigiu a análise manual de várias fontes, já que não havia qualquer repositório municipal com todas as variáveis necessárias. Os dados

foram posteriormente normalizados em termos de unidades de medida e integrados na tabela, facilitando a comparação entre diferentes subáreas. Em alguns casos, várias áreas utilizavam o mesmo contador de água ou agregavam parcelas diferentes para calcular custos de manutenção, exigindo a desagregação das informações para determinar a fração realmente irrigada e mantida. Este processo revelou discrepâncias entre os projetos e a situação real, contribuindo para uma análise mais rigorosa dos recursos utilizados a aprofundar em secções posteriores.

Classificação Preliminar das Zonas Verdes

Com base na avaliação inicial, definiram-se três categorias principais para facilitar a comparação dos problemas e orientar intervenções: zonas com dados históricos, espaços recentemente intervencionados e áreas desativadas ou em obras. As zonas com dados históricos permitiram analisar padrões de consumo de água, estado da vegetação, eficiência da rega e custos de manutenção. Nos espaços recentemente intervencionados observaram-se melhorias significativas, como tecnologias de rega modernas e a introdução de espécies autóctones. As áreas desativadas ou em obras apresentaram desafios, como a degradação da vegetação, mas também potencial para requalificação sustentável. Concluída esta classificação, procede-se à avaliação das estratégias atualmente implementadas em Coimbra, analisando a sua eficácia e oportunidades de otimização.

3.2 Diagnóstico Geral das Práticas de Gestão (Coimbra)

A administração dos espaços verdes urbanos em Coimbra decorre dum esforço contínuo para equilibrar as exigências urbanísticas, ambientais e sociais da cidade. Embora as informações analisadas mostrem avanços, foram igualmente identificadas fragilidades e oportunidades de aperfeiçoamento, potencialmente úteis para reforçar a eficiência e a sustentabilidade desses espaços. Aqui, o diagnóstico incide em três aspetos centrais: consumo de recursos hídricos, custos de manutenção, bem como biodiversidade e estado da vegetação.

3.2.1 Consumo de Recursos Hídricos nos Espaços Verdes Urbanos

O consumo de água em zonas verdes urbanas é um fator essencial para avaliar como as estratégias de rega influenciam a eficiência global. Em Coimbra, onde as temperaturas frequentemente superam os 30 °C e a precipitação mensal regista valores inferiores a 10 mm [29], compreender e gerir eficazmente as práticas de rega torna-se especialmente delicado. O presente subcapítulo descreve as condições atuais de consumo, discute os principais desafios técnicos e institucionais e explora caminhos para uma utilização mais eficiente da água nas áreas verdes da cidade.

Fontes de Água

O abastecimento de água em Coimbra, incluindo para as zonas verdes, é realizado pela Águas De Coimbra (AC). Esta empresa local, de natureza privada com carácter municipal, garante a distribuição contínua de água por toda a cidade. A totalidade

das zonas verdes estudadas depende exclusivamente da rede pública de abastecimento de água, com exceção de algumas áreas próximas ao rio Mondego, onde se recorre à captação fluvial. Tal forte dependência a rede pública aumenta a pressão sobre os recursos municipais especialmente nos meses de verão, quando a procura atinge níveis elevados.

A falta de estruturas dedicadas ao aproveitamento de águas pluviais, aliada à ausência de iniciativas para a utilização de águas residuais tratadas e a inexistência dum plano abrangente de recolha e armazenamento de água da chuva, limita significativamente a diversificação das fontes de rega. Este cenário restringe as opções disponíveis evidenciando ainda mais a necessidade urgente de otimizar a eficiência no consumo.

Contadores e Tecnologias de Medição

Para monitorizar o consumo, nas zonas verdes de Coimbra, são utilizados contadores mecânicos equipados com módulos de rádio na frequência de 169 MHz, cuja infraestrutura (antenas e concentradores) é gerida pela AC. Este sistema permite a recolha remota dos dados, eliminando a necessidade de leituras manuais e reduzindo os erros de registo, sendo que as medições são efetuadas, habitualmente, a cada hora. A Figura 3.2 ilustra exemplos de equipamentos adotados neste contexto.

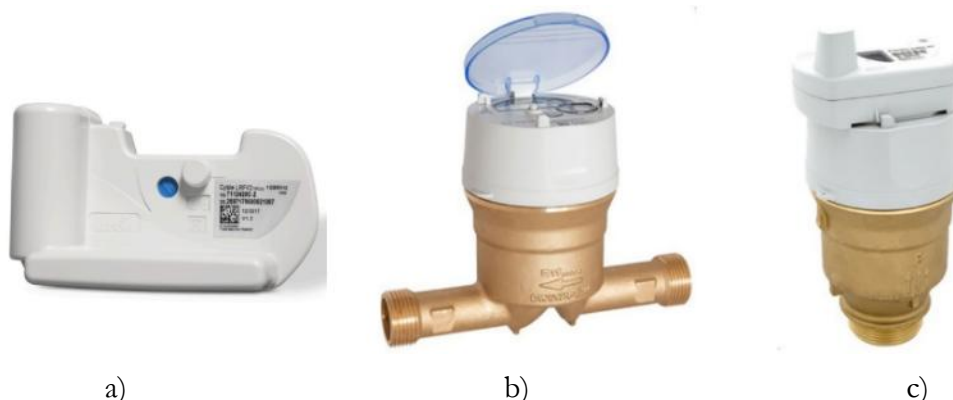


Figura 3.2 - a) Módulo de comunicação Itron Cyble, b) Contador mecânico Itron Aquadis e c) Conjunto contador e módulo de comunicação. Fonte: [177], [178].

A escolha do tipo de contador varia conforme as exigências de cada sistema de rega. Para configurações de baixo caudal e fluxo contínuo, como a rega gota-a-gota ou por mangueira, são utilizados contadores volumétricos, que mantêm a precisão mesmo em débito reduzido. Para sistemas com emissores intermitentes, como aspersores ou pulverizadores, os contadores de velocidade são mais adequados, pois respondem melhor a variações bruscas de caudal, evitando leituras imprecisas e falhas no equipamento.

Métodos de Rega e Infraestruturas

Na área de estudo, a irrigação combina métodos automáticos com intervenções pontuais de rega manual, adaptando-se ao tipo de cobertura vegetal de cada setor (Apêndice 2). Para áreas com herbáceas e arbustos, utiliza-se a rega gota-a-gota, que direciona a água diretamente à zona radicular. Em áreas relvadas, opta-se pela aspersão

ou pulverização, de acordo com as características da área. Nas caldeiras de árvores jovens, predomina a rega gota-a-gota, embora, em algumas zonas do projeto Metro Mondego, a irrigação automática não esteja disponível. Nesses casos, são usados tubos de PVC perfurados cobertos com manta geotêxtil para direcionar águas pluviais em profundidade, sendo necessárias regas manuais adicionais quando a situação exige.

Por outro lado, em zonas onde não existe infraestrutura automática, recorre-se a camiões-cisterna para regas pontuais, normalmente uma ou duas vezes por ano, em períodos de seca severa. Esta abordagem depende fortemente das equipas de manutenção e acarreta um maior risco de desperdício, uma vez que a água não é distribuída de forma tão uniforme como nas redes automatizadas.

O sistema de irrigação é composto por válvulas eletromagnéticas, tubagens pressurizadas e, em algumas áreas, sistemas de filtragem. As válvulas, como as *RainBird* 75DV e 100DV, estão instaladas em caixas subterrâneas protegidas contra vandalismo, controlam o fluxo de água automaticamente, sendo conectadas a programadores que ajustam a irrigação conforme a necessidade. Em algumas zonas, a água também passa por filtros para reter partículas que poderiam obstruir os emissores. Para evitar falhas na distribuição, agora só os sistemas de gota-a-gota utilizam reguladores de pressão, que garantem que seja distribuída uniformemente.

Embora existam válvulas de corte manuais em algumas áreas para manutenções, a ausência de uma válvula mestre conectada ao programador dificulta a interrupção total, mantendo a rede constantemente pressurizada. Isso compromete o controle completo de rega em situações que exijam uma pausa imediata. Apesar de o sistema ser amplamente automatizado, ajustes manuais ainda são necessários para garantir o seu funcionamento.

Controladores de Rega e Configuração

A maioria dos setores de rega utiliza sistemas automáticos equipados com controladores, como o *Rain Bird* TBOS-BT e o STP4PL, que permitem definir horários e durações dos ciclos de irrigação conforme o tipo de vegetação e o método de aplicação de água. Estes modelos programáveis (a bateria ou com corrente elétrica) facilitam a adaptação da irrigação às necessidades específicas, como ilustrado na Figura 3.3.



Figura 3.3 - a) Programador de rega a pilhas com bluetooth TBOS-BT com consola portátil de programação; b) Programador de rega STP4PL. Fonte: [179]-[181].

O TBOS-BT funciona com uma bateria de 9 V, adequado para áreas sem acesso à rede elétrica. A programação pode ser feita via Bluetooth, através da aplicação *Rain Bird*, ou diretamente na consola portátil. Permite criar até três programas independentes (A, B e C), cada um com até oito horários de início por dia e a seleção dos dias em que a rega ocorre. Inclui um ajuste sazonal de 0% a 300%, permitindo ajustar a duração dos ciclos sem reprogramar. A bateria suporta, em média, toda a época de rega, embora possa esgotar-se mais cedo em caso de muitas ativações.

O STP4PL, alimentado a 24 V, utiliza a rede elétrica para funcionar. Apresenta funcionalidades semelhantes, permitindo gerir várias zonas de rega com horários ajustáveis diretamente no painel de controlo, sem a necessidade de consola externa. Tal como o TBOS-BT, integra sensores de chuva e humidade, suspendendo a rega em caso de precipitação, embora esses sensores não sejam utilizados. Também inclui a opção de ligação a um relé de bomba, adequado para sistemas de captação e distribuição mais complexos. Ambos os modelos oferecem ajuste sazonal, uma funcionalidade ainda subaproveitada, mas com potencial para melhorar a eficiência hídrica e adaptar a rega às variações climáticas.

Ajustes e Adaptação dos Ciclos de Rega

Dando sequência à programação, a rega nas zonas verdes segue ciclos fixos, ajustados conforme o tipo de sistema e com base nas experiências da equipa de rega. Nos sistemas de gota-a-gota, o funcionamento situa-se entre 20 e 30 minutos; nos pulverizadores, cerca de 10 minutos; e, nos aspersores, varia entre 15 e 20 minutos. Costuma agendar-se a rega para a madrugada (entre as 00:00 e as 05:00), reduzindo perdas por evaporação. Na maioria das áreas, opta-se por um regime de rega alternada (por exemplo, terças, quintas e sábados), embora, em algumas, permaneça a programação diária inicial, após as obras ou sem a devida atualização. Cada setor é ativado de forma escalonada, prevenindo sobrecargas simultâneas na rede. Nos espaços recentemente criados ou requalificados, recorre-se a um regime de rega intensivo no início, que pode incluir duas sessões diárias.

A configuração dos controladores é realizada manualmente em cada zona, o que pode demorar duas semanas ou mais até que todas as áreas da cidade estejam cobertas. Paralelamente, a equipa de rega procede a ajustes empíricos do tempo de irrigação, baseando-se em indicadores de temperatura, aumentando ou reduzindo a quantidade de ciclos. Esta forma de trabalho depende da disponibilidade e organização da equipa, o que pode originar atrasos ou falhas no planeamento. Em muitas situações, isso leva a ciclos de rega mal ajustados ou sobrecarga de determinados setores. Este processo manual dificulta uma adaptação rápida e eficaz em tempo real, limitando a flexibilidade do sistema e aumentando a probabilidade de ineficiências no uso da água.

Análise de Consumos e Identificação de Padrões

Os dados recolhidos ilustram que o consumo de água segue um padrão previsível, crescendo entre junho e setembro e diminuindo de outubro a abril, quando a precipitação natural e as temperaturas mais baixas possibilitam reduzir ou desligar os sistemas de rega. A Figura 3.4 apresenta a evolução mensal do consumo nos últimos

cinco anos, destacando que, apesar deste comportamento sazonal, aparecem picos anormais em meses que não justificariam consumos elevados. A análise por contador (Apêndice 7) ajuda a localizar os momentos de maior consumo.

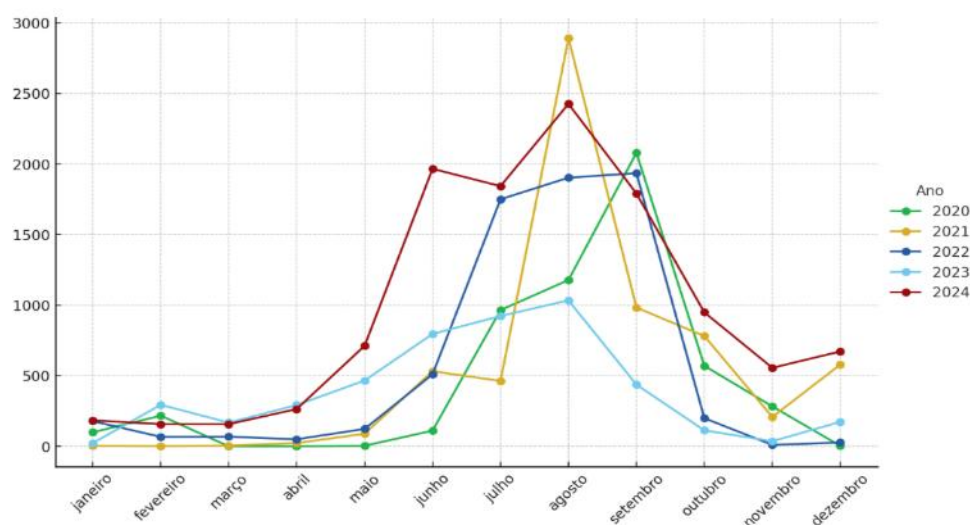


Figura 3.4 - Consumo mensal de água (2020-2024)

Alguns picos resultam de ruturas pontuais, como obras no projeto Metro Mondego ou manutenções mal coordenadas. Já noutros casos, causas são vandalismo e furtos, que desestabilizam o sistema de rega e originam perdas contínuas. Um exemplo recorrente é na Praça Heróis do Ultramar (Cód. 3031 na Figura 3.1), numa zona central com incidentes frequentes de destruição de componentes de rega. Durante a noite, pulverizadores são removidos ou danificados e troços do sistema gota-a-gota chegam a desaparecer. Paralelamente, em várias zonas antigas, como nesta, as raízes das árvores penetram as tubagens, originando também ruturas ou bloqueios.

Verificam-se ainda danos acidentais durante o corte de relva, quando o topo dos aspersores é cortado por engano, causando fugas constantes. Essa situação pode ser minimizada se as equipas fizerem inspeções após cada corte, ativando manualmente o sistema de rega por um curto período para detetar falhas.

Sem deteção atempada e sem um sistema de controlo remoto que permita suspender a rega à distância, a água pode escoar durante meses, até que as equipas reparem no aumento na fatura ou encontrem sinais de humidade excessiva no solo. Isso explica variações abruptas nos consumos (Apêndice 2-3).

Por outro lado, a depressão Óscar, em junho de 2023, trouxe precipitação excecional, permitindo suspender temporariamente a rega e reduzindo acentuadamente os consumos daquele período. Ainda assim, constatou-se que nem todas as zonas foram desligadas, refletindo falhas de coordenação que mantiveram alguns setores ativos sem necessidade (Apêndice 3). Já em 2024, a reativação de setores anteriormente desativados devido às obras do Metro Mondego, associada a perdas e à introdução de plantas jovens, voltou a aumentar o consumo, pois novas espécies exigem volumes adicionais até um enraizamento completo.

Análise Detalhada dos Dados de Consumo

Para aprofundar a compreensão dessas oscilações e identificar as áreas mais problemáticas, calculou-se a superfície efetivamente regada e registaram-se mensalmente os consumos de cada contador. Também se levantou a tipologia de rega, a vegetação predominante e o volume médio de água aplicado em cada ano. A Quadro 3.1, embora apresente apenas alguns exemplos, ilustra diferentes realidades, desde zonas com aspersores tradicionais até aquelas com sistemas híbridos.

Quadro 3.1 - Exemplo de áreas de rega e consumos hídricos (excerto)

CEV	CIL	Área de Rega (m²)	Tipo de Rega	Observações	2020	2021	2022	2023	2024
3018	211578	176,2	Aspersão	-	147	0	0	134	144
3020	207155	684,3	Pulverizadores	Sistema operacional, sem registo de falhas	197	65	92	220	744
3030	145864	2179,5	Gota a gota, pulverizadores	Renovado em junho de 2024; com falhas	-	-	-	-	4281
3030	208955	-	Aspersão e Fonte	2020-2022: jardim e fonte; 2024: só fonte	1063	913	385	0	283
3031	209248	2996,9	Pulverizadores	2024 - Contador avariado	222	1055	1409	451	0

A listagem completa, disponível no Apêndice 2 e Apêndice 3, apresenta dados detalhados, incluindo séries históricas de 2020 a 2024 e registos de manutenção, possibilitando relacionar consumos elevados a ruturas, vandalismo ou obras. A compilação e o tratamento destes dados decorreram do cruzamento de deferentes registos da CMC, observações de campo, dados horários fornecidos pela AC e análises cartográficas, viabilizando a deteção de discrepâncias no uso de água, sobretudo em zonas que partilham o mesmo contador.

Para comparar os consumos de água, começou por se associar a cada contador a área de rega e, de seguida, dividir a soma dos volumes registados pelos meses em que houve leituras efetivas. Este valor médio foi então repartido pela superfície irrigada, obtendo-se um índice em litros por metro quadrado por mês. A tabela foi ainda configurada com formatação condicional para realçar consumos que ultrapassam os parâmetros esperados e com ícones que indicam as tendências anuais de consumo, tornando mais simples detetar irregularidades não corrigidas a tempo (Apêndice 3). Este método de análise quantitativa, apoiado nas observações de campo e nos registos de manutenção, reforça a capacidade de estabelecer prioridades nas intervenções e de adaptar as rotinas de rega nas zonas com maiores desvios.

A análise desta amostra confirma também que zonas com aspersores tradicionais tendem a registar consumos superiores (ex. Cód. 3018), ao passo que as áreas novas regidas por sistemas de gota-a-gota apresentam valores menores, mesmo nas fases iniciais de plantação (ex. Cód. 3057 e 3076). Os dados igualmente reforçam a necessidade de individualizar cada zona verde e cada contador, criando as condições para detetar eventuais ruturas ou consumos exagerados. Na prática, a opção de

reunir diversos espaços sob o mesmo contador não resulta em poupanças tarifárias, pois a tarifa não depende do volume consumido [182]. Contudo, essa prática compromete a monitorização individual, dificultando a identificação de anomalias e a correta atribuição dos consumos a cada área.

Desafios e Regulação dos Consumos

A ausência de um sistema de controlo central faz com que cada ajustamento tenha de ser realizado presencialmente, o que retarda a deteção e a reparação de problemas, bem como o fecho efetivo dos setores com falhas. Enquanto as equipas de manutenção não intervêm, a água continua a escoar, aumentando custos operacionais e consumos que poderiam ser evitados.

Ainda que a AC, tenha instalado contadores inteligentes com telemetria em todas as zonas verdes estudadas, a plataforma de gestão associada não está totalmente ajustada às exigências da manutenção urbana. Embora disponibilize dados quase em tempo real, o sistema não emite alertas automáticos para consumos anómalos e obriga à consulta manual de pequenos grupos de contadores (cerca de dez por vez), dificultando o acompanhamento eficaz. Como existem 236 contadores associados às zonas verdes, esta limitação dificulta uma vigilância contínua e atrasa a deteção de anomalias, como ruturas ou aumentos súbitos de consumo. A resposta técnica torna-se, assim, menos eficaz, reduzindo a eficiência do sistema.

A estas limitações soma-se a falta de um sistema interno integrado que relacione consumos, ocorrências e intervenções. A informação permanece frequentemente dispersa em registos diversos, incluindo manuais, folhas independentes ou dependendo da memória dos técnicos. Esta fragmentação de informação compromete a implementação de estratégias preventivas, dificultando uma resposta ágil e baseada em dados. Se cada área dispuser de um histórico bem organizado de ocorrências, a monitorização sistemática desses indicadores (por exemplo, mensalmente) poderá acelerar a deteção de anomalias, evitar custos adicionais e promover um uso mais eficiente da água.

Identificação de Perdas e Impacto Económico

Com o objetivo de detetar perdas de forma mais precisa, recorreram-se às leituras horárias fornecidas pela Águas de Coimbra, analisadas com o auxílio do software *Tableau*. Verificou-se que os picos repetitivos ao longo do dia correspondem à rega programada (Figura 3.5a), enquanto variações bruscas nesses períodos indicam ruturas pontuais, como por exemplo a quebra de bocais ou a obstrução de aspersores (Figura 3.5c). Já os consumos contínuos podem refletir, por exemplo, o uso de bebedouros (Figura 3.5b) ou, conforme ilustrado na Figura 3.5 (d), evidenciar ruturas prolongadas na rede, muitas vezes despercebidas por longos intervalos.

Dados recolhidos confirmam que em algumas zonas, certos setores não implementam um regime de rega em dias alternados, funcionando diariamente, até mesmo no inverno, sem qualquer justificação de plantação recente ou suscetibilidade elevada à seca. Esta prática resulta num uso pouco eficiente dos recursos hídricos e

revela falhas na comunicação entre as equipas, que não adaptam a programação às reais necessidades de cada área.

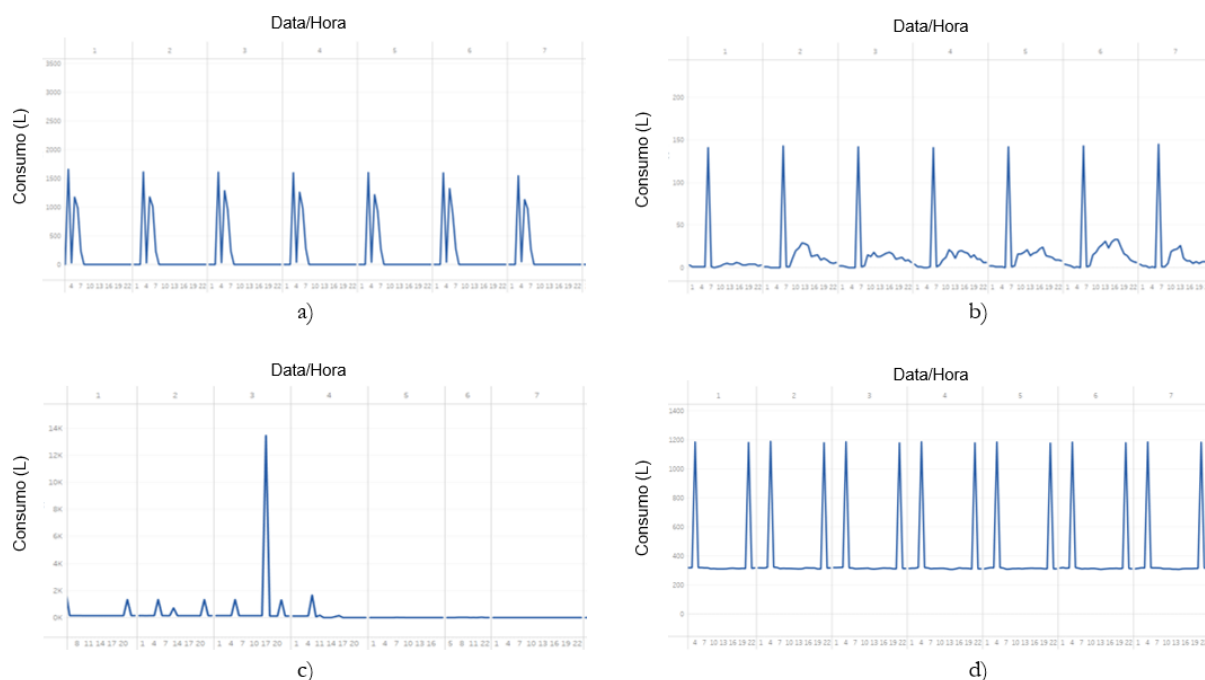


Figura 3.5 - Detecção de anomalias de consumo em leituras horárias:

(a) Rega programada, (b) Consumo contínuo, (c) Ruturas pontuais, (d) Ruturas prolongadas.

A análise de todos os contadores do setor estudado revelou perdas que chegam a 7 343,1 € em determinadas áreas. O Apêndice 1 apresenta a tabela completa com os dados de cada zona, enquanto a Quadro 3.2 fornece um resumo consolidado.

Quadro 3.2 - Análise comparativa de perdas hídricas e custos associados (2023-2024)

CEV	Código CIL	Perdas 2023			Perdas 2024		
		(m³)	(€)	Média (%)	(m³)	(€)	Média (%)
3018	211578	8	14,9 €	6,0%	12	22,3 €	8,3%
3020	207155	208	386,5 €	94,5%	738	1 371,3 €	99,2%
3022	211624	134	249,0 €	100%	387	719,1 €	37,1%
3030 + 3091	145864	-	-	-	3952	7 343,1 €	92,3%
3031	209248	210	390,2 €	46,6%	-	-	-
3035 + 3140	211702	11	20,4 €	100%	1460	2 712,8 €	95,7%
3049	207867	4	7,0 €	2,4%	2	3,0 €	0,8%
3057 + 3076	211598	386	717,2 €	31,1%	1	1,2 €	0,1%
3058	211561	41	76,2 €	13,0%	300	557,4 €	100%
3070	120477	13	24,9 €	12,8%	17	31,6 €	13,9%
3078	207184	187	347,5 €	10,2%	305	566,7 €	14,2%
3084	1005291	14	26,0 €	8,9%	32	59,5 €	11,9%

Outra limitação decorre do facto de, em muitos setores, a programação basear-se apenas em intervalos fixos, sem considerar a humidade do solo, as necessidades específicas das plantas ou a precipitação recente. Esta limitação aumenta o risco de aplicar água em excesso ou em défice hídrico. Apesar de alguns esforços para instalar sensores de humidade, estes foram furtados, impedindo a adoção de soluções

avanzadas para rega em tempo real. Em projetos recentes, ainda não se integrou sensores de humidade e/ou precipitação, nem se realiza análise de dados meteorológicos, mantendo-se as rotinas de rega rígidas e pouco adaptáveis.

Contudo, apesar das fragilidades na programação e da ausência de tecnologias mais avançadas, a análise detalhada dos dados mostra que o principal obstáculo à eficiência hídrica reside nas perdas estruturais associadas a fugas prolongadas, desgaste de infraestruturas e deteção tardia de anomalias. A estas falhas soma-se a desarticulação entre equipas técnicas, que por vezes acionam ou mantêm setores de rega ativos sem a devida coordenação, especialmente após obras ou em fases de transição sazonal, quando ajustes são necessários. Essa falta de sincronização agrava os desperdícios, prolonga o funcionamento desnecessário de sistemas e dificulta a gestão global da rede. Sem uma resposta eficaz a estas limitações - nomeadamente através de um controlo mais rigoroso, melhoria da monitorização e maior articulação entre serviços - os ajustes na programação, por mais precisos que sejam, terão impacto limitado. Assim, a priorização da reparação de sistemas antigos, da implementação de mecanismos de alerta para perdas e da resposta rápida às ruturas deverá preceder qualquer tentativa de otimização fina dos ciclos de rega.

Eficiência Operacional e Melhorias

Desde 2023, a CMC vem a aplicar o *Plano Municipal de Prevenção e Contingência para o Consumo de Água de Rega de Espaços Verdes e Árvores*, estruturado em duas fases, conforme a evolução meteorológica e as orientações das autoridades centrais e locais. Na Fase I, priorizam-se medidas de poupança, como a rega de árvores com água do rio Mondego através de cisternas móveis, a rega alternada (dia sim, dia não) dos relvados automatizados em horário noturno, a introdução de prados mediterrânicos e ações de sensibilização da população. Na Fase II, em situação de agravamento da escassez, são impostas medidas de emergência, nomeadamente a redução da rega ao mínimo indispensável em jardins históricos e áreas de proteção da UNESCO, a suspensão da plantação de flores de época e a limitação de novas árvores, mantendo-se apenas a rega das plantadas recentemente.

Embora o plano tenha conseguido reduzir os consumos, alguns municípios têm expressado desagrado face ao aspeto amarelado dos relvados. Este efeito, possivelmente decorrente tanto do regime de rega alternada como de falhas de coordenação entre equipas, evidencia a elevada dependência de trabalho manual e a falta de integração do sistema atual. Adicionalmente, as perdas na distribuição de água, que não estão refletidas nos registos fiáveis, contribuem para aumentar a discrepância entre o volume efetivamente aplicado e o volume teoricamente necessário, questão que será desenvolvida na secção 3.3.

Em suma, apesar dos benefícios alcançados, os dados indicam que o modelo de gestão hídrica atual necessita de revisão. Um novo foco, que integre a automação dos processos, a redução das perdas na distribuição e a implementação de registos contínuos, poderá alinhar o volume de água aplicado com as reais necessidades das plantas, minimizando desperdícios e melhorando a eficiência global do sistema.

3.2.2 Rotinas de Manutenção e Custos Operacionais

A manutenção dos espaços verdes e dos sistemas de rega na área de estudo enfrenta desafios relacionados com a antiguidade das infraestruturas, a disponibilidade de recursos e os métodos operacionais utilizados. A análise deste contexto permite identificar três aspetos principais: a organização das equipas de manutenção, as práticas de corte e conservação da vegetação e a gestão dos sistemas de rega.

Organização e Recursos Humanos

A manutenção dos espaços verdes na área de estudo envolve diferentes responsáveis, dependendo da localização e das condições específicas de cada espaço. A maior parte das zonas é gerida pela CMC, enquanto as freguesias Santo António dos Olivais assume a responsabilidade pelas áreas próximas a habitações multifamiliares. Um exemplo particular é a área adjacente à Igreja de São José, cuja manutenção é realizada pela própria entidade religiosa.

Nos projetos mais recentes, as empresas responsáveis pelas obras de renovação ou construção assumem, durante o primeiro ano, a manutenção dos espaços, garantindo o adequado estabelecimento da vegetação e a correção de eventuais falhas. Quanto ao sistema de rega, a garantia normalmente é de dois a três anos, conforme o estipulado no Código dos Contratos Públicos (CCP) para equipamentos e instalações técnicas. Ressalta-se que os prazos de manutenção e garantia podem ser ajustados conforme os termos específicos de cada contrato.

Na área estudada, a manutenção é assegurada por uma equipa composta por três trabalhadores permanentes e um encarregado responsável pela coordenação das operações diárias. Adicionalmente, três técnicos, que prestam serviços noutras áreas da cidade, são responsáveis pelos sistemas de rega, o que limita a regularidade das intervenções nesta zona. Para reforçar a gestão técnica e estratégica, conta-se ainda com um técnico superior. Desde 2024, foi ainda designado um encarregado geral, melhorando a articulação entre setores, embora a falta de recursos humanos continue a condicionar a qualidade da manutenção, sobretudo em zonas mais exigentes do ponto de vista técnico.

Métodos de Corte e Conservação da Vegetação

As rotinas de corte da relva e a manutenção da vegetação são realizados com diferentes equipamentos, ajustando-se às condições da área, à disponibilidade da maquinaria e às características da vegetação, como tipo e altura. O Toro Trator é o principal equipamento utilizado, executando a trituração da relva e depositando-a no solo para decomposição. Esta técnica, conhecida como *mulching*, promove a fertilização natural, mas pode facilitar a propagação de plantas invasoras devido à dispersão de sementes.

Em zonas pequenas ou de acesso limitado, utilizam-se roçadoras manuais, enquanto os corta-sebes são aplicados na modelação de sebes e arbustos. Existe um trator com sistema de recolha de relva para compostagem, mas o seu uso é limitado devido à

baixa disponibilidade e aos requisitos específicos de operação. Na maioria dos casos, opta-se pela trituração no local, exceto onde a remoção é tecnicamente necessária.

Desde há alguns anos, o uso de herbicidas foi totalmente descontinuado. A remoção manual de infestantes é realizada apenas quando o crescimento é excessivo, mas, devido ao grau avançado de invasão na maioria das relvadas, esta prática deixou de ser eficaz como estratégia de contenção. O problema foi assimilado como parte da condição atual dos espaços, sendo que a única solução realmente eficiente seria a substituição completa do relvado por novas espécies resistentes e adaptadas.

Quanto à altura do corte da relva, verifica-se um ajuste sazonal. Durante o inverno, quando a relva cresce mais lentamente, os técnicos optam por um corte a uma altura superior (entre 7 e 10 cm (corte n.º 3)), para proteger a vegetação do frio intenso e das geadas. No verão, a relva é mantida mais curta (entre 5 e 7 cm (corte n.º 2)) reduzindo a necessidade de intervenções frequentes. Contudo, as boas práticas indicam o oposto: manter a relva mais alta no verão ajuda a reter humidade, proteger as raízes do calor e aumentar a resistência à seca. No inverno, com menor evaporação e crescimento lento, admite-se um corte mais baixo (5-7 cm).

Em paralelo, este tipo de operação exige precauções adicionais, uma vez que os aspersores são frequentemente danificados durante o corte. A sua proximidade à superfície e o crescimento da vegetação em redor dificultam a visibilidade dos emissores, aumentando o risco de acidentes. Para mitigar estas situações, recomenda-se que as equipas realizem inspeções logo após cada corte, ativando manualmente o sistema de rega por breves instantes. Esta medida simples permite detetar falhas rapidamente e evita interrupções prolongadas no funcionamento.

Gestão dos Sistemas de Rega

O funcionamento dos sistemas automáticos de rega requer acompanhamento permanente. No início de cada temporada, as equipas de manutenção realizam inspeções completas em todas as zonas de rega. Este procedimento inclui a limpeza manual da vegetação que cresce ao redor dos emissores e aspersores, especialmente após o inverno, quando o crescimento descontrolado tende a bloquear o funcionamento adequado dos dispositivos. Além disso, em áreas onde ocorreram ruturas, verifica-se frequentemente o acúmulo de solo e resíduos dentro das tubagens e emissores. Estas obstruções, causadas por infiltrações ou falhas estruturais, exigem limpeza detalhada para restaurar a funcionalidade do sistema.

Outro procedimento é a ativação e desativação manual das zonas de rega no início e no fim de cada temporada, com verificação dos emissores e ajuste dos horários de rega. O principal desafio é o uso predominante de programações fixas nos sistemas automáticos de rega. Este método, embora prático, não considera as necessidades reais, o que aumenta o risco de rega em excesso ou, pelo contrário, insuficiente. Por falta de controlo remoto, as equipas de manutenção precisam de se deslocar sempre que é necessário ajustar os horários ou desligar setores. Esta limitação prolonga os

tempos de resposta e agrava o desperdício de água em situações que poderiam ser resolvidas de forma imediata por sistemas mais avançados.

A falta de renovação das infraestruturas, muitas das quais estão instaladas há mais de duas décadas, resulta em falhas frequentes e dificuldades na substituição das peças, que já não são fabricadas. Quando ocorrem ruturas, a água desperdiçada só pode ser interrompida manualmente, resultando em perdas significativas até à intervenção da equipa técnica. Em alguns casos, os danos são tão graves que obrigam ao desligamento completo das zonas, o que prejudica o equilíbrio da rega em áreas adjacentes.

O vandalismo é outro fator que agrava os custos e a eficiência dos sistemas. Este problema é mais frequente em áreas centrais e próximas de escolas, onde o furto de componentes essenciais, como emissores e bombas, interrompe o funcionamento normal da rega. As zonas danificadas por vandalismo muitas vezes precisam ser completamente desativadas, uma vez que as ruturas não são compatíveis com ajustes temporários. Além disso, a necessidade de substituir os componentes furtados ou danificados eleva consideravelmente os custos de manutenção.

Finalmente, os dados recolhidos mostram que falhas operacionais, como válvulas mal calibradas ou programações desajustadas, podem gerar aumentos significativos no consumo de água. O impacto destas falhas é especialmente visível em áreas com infraestruturas obsoletas, onde a combinação de desgaste, vandalismo e limitações tecnológicas resulta em custos operacionais elevados e ineficiência na gestão hídrica.

Custos Operacionais

Para além dos desafios técnicos e operacionais já identificados, importa considerar os encargos financeiros associados ao abastecimento de água e à manutenção das infraestruturas. Em 2024, o custo da água fornecida à Câmara Municipal de Coimbra para rega de espaços verdes é de 1,7529 €/m³ (sem IVA) [182]. Apesar de a maioria destas zonas estar isenta da tarifa de saneamento, por não dispor de rede de escoamento de águas residuais, essa isenção não abrange locais com instalações sanitárias ou consumos urbanos partilhados. Como se verificou nas análises anteriores, os consumos elevados, muitas vezes causados por fugas não detetadas ou falhas de coordenação na ativação dos sistemas, representam um encargo financeiro significativo para o município.

Os custos de manutenção refletem o desgaste dos equipamentos, a falta de renovação periódica, o vandalismo e as limitações tecnológicas, resultando em aumento das despesas operacionais. Estes custos estão diretamente associados à necessidade de intervenções manuais frequentes, substituição de componentes danificados e ajustes periódicos nos sistemas.

Um dos fatores com maior impacto na eficiência da rega é a ausência de sensores de humidade e de sistemas de controlo remoto. Cada reajuste nos tempos de funcionamento, correção de ruturas ou adaptação às condições meteorológicas obriga a deslocações sucessivas das equipas técnicas, com custos adicionais em combustível, tempo e recursos humanos.

Exemplos como o da Praceta Gira Solum (cod. 3035 na Figura 3.1), onde o sistema de rega está mal dimensionado e apresenta frequentes ruturas e danos provocados pelas raízes, destacam-se como um exemplo de ineficiência operacional, sendo um reflexo direto da necessidade de obras estruturais e da falta de modernização. Da mesma forma, na Praça Heróis do Ultramar (cod. 3030 na Figura 3.1), registam-se ruturas regulares provocadas pelas árvores, além de furtos de emissores e outros componentes. Em ambos os casos, as infraestruturas envelhecidas e a falta de modernização dificultam o funcionamento regular e aumentam os custos.

Com o objetivo de permitir uma comparação mais precisa entre diferentes zonas da cidade, foram calculados os custos de manutenção por metro quadrado, conforme apresentado no Apêndice 5-6. Os valores obtidos permitem identificar zonas particularmente onerosas e compreender como certos elementos da composição vegetal influenciam os encargos operacionais.

A análise cruzada entre os dados florísticos (Apêndice 4) e os custos unitários (Apêndice 6), evidencia uma correlação direta entre a presença de relva e os encargos com corte. As zonas com cobertura predominantemente relvada apresentam os custos médios de corte mais elevados, atingindo cerca de 1,31 €/m². Nestes locais, o trabalho de corte é intensificado pela necessidade de manutenção frequente para garantir o aspeto visual e a funcionalidade da cobertura herbácea. Por contraste, áreas com canteiros de arbustos pouco relvadas exigem intervenções muito menos regulares, com custos médios de cerca de 0,48 €/m². Já nas zonas mistas com relva e arbustos, os valores oscilam em média nos 0,89 €/m², refletindo uma frequência de manutenção intermédia. Estes resultados sugerem que a substituição progressiva de relva por espécies arbustivas bem-adaptadas poderá reduzir os custos com corte, mantendo a qualidade visual e ecológica dos espaços.

Exemplos ilustrativos incluem a área Triângulo da Rotunda do Cidral (cod. 3084 na Figura 3.1), os custos alcançaram €7,54/m² em 2024, justificados pela plantação regular de flores sazonais e pela forte dependência de mão-de-obra. Já nas Floreiras Estádio Cidade de Coimbra (cod. 3091 na Figura 3.1), os custos chegaram a €7,14/m², sem causas técnicas visíveis que o justifiquem, o que reforça a importância de rever as práticas de manutenção associadas.

A recorrência desses problemas em diferentes áreas evidencia que as limitações das infraestruturas atuais não afetam apenas os custos operacionais, mas também a eficiência global da gestão hídrica. A dependência de intervenções corretivas, sobretudo em zonas com sistemas envelhecidos ou mal dimensionados, leva ao desperdício de água e ao agravamento dos encargos logísticos e financeiros. Diante este cenário, torna-se necessário reavaliar os modelos de manutenção adotados, priorizando soluções que minimizem falhas, aumentem a autonomia dos sistemas e favoreçam uma gestão mais sustentável dos espaços verdes urbanos.

3.2.3 Biodiversidade e Estado da Vegetação Urbana

A evolução recente da gestão dos espaços verdes em Coimbra reflete uma mudança gradual nas práticas de planeamento e manutenção, orientada por princípios de sustentabilidade e adaptação climática. Entre as medidas adaptadas, destaca-se a substituição progressiva de relvados convencionais por composições mais adaptadas, como os prados de sequeiro e os prados floridos. Esta estratégia, integrada em políticas como o *Plano Municipal de Redução e Contingência para o Consumo de Água*, tem como objetivo reduzir o consumo hídrico em pelo menos 10% face ao ano anterior, promovendo simultaneamente maior diversidade ecológica e eficiência na gestão.

Outra característica desta evolução é a diversificação da composição vegetal. Projetos mais recentes privilegiam a inclusão de espécies autóctones e mediterrânicas, conhecidas pela sua capacidade de sobreviver em condições de escassez hídrica e pela sua baixa necessidade de manutenção. Para informar os cidadãos sobre estas alterações, têm sido colocadas placas explicativas em vários espaços verdes, esclarecendo que a ausência de corte ou rega frequente corresponde a decisões planeadas.

Na ausência de dados sobre a vegetação existente nas zonas analisadas, procedeu-se à construção de uma base de dados própria, elaborada a partir da análise direta dos projetos técnicos e de vistorias detalhadas no terreno. Esta base permitiu caracterizar com rigor a composição vegetal das zonas analisadas, sistematizada no Apêndice 4.

Relvados e Alternativas Sustentáveis

Os relvados tradicionais permanecem frequentes em áreas de forte valor simbólico ou elevado uso recreativo. Nos jardins mais antigos, utilizam-se misturas de sementes como o gazon, que contém 70% de *Festuca Arundinacea*, 20% de *Lolium Perenne* e 10% de *Poa Protensis*. Enquanto em zonas mais recentes é comum a mistura com 94% de *Festuca Arundinacea* e 6% de *Poa Protensis*, adequando-se melhor às condições ambientais locais.

Por outro lado, relvados de plantação, formados por espécies mais robustas, como a gramínea (*Poaceae spp.*), são utilizados numa zona verde na área de estudo. Em algumas áreas, os relvados também foram invadidos por espécies espontâneas, comprometendo o valor estético e funcional dos espaços. Apesar da sua popularidade, todos os tipos de relvados partilham uma característica comum: elevados custos de manutenção, que envolvem rega intensiva, cortes frequentes.

Em alternativa, vários espaços começaram a integrar prados biodiversos, compostos por herbáceas espontâneas e nativas. Estes sistemas são mais resilientes e requerem menor rega e manutenção. A mistura de prado florido, por exemplo, inclui 47% de *Festuca rubra*, 50% de *Festuca ovina duriúscula* e 3% de flores campestres, como *Campânula carpatica*, *Centáurea cyanus*, *Cheiranthus allioni*, entre outras espécies, caracterizadas por alturas aproximadas de 40 cm e grande capacidade de adaptação.

Complementando, os prados floridos baixo, por 80% de gramíneas, como *Festuca rubra* e *Poa pratensis*, e 20% de flores, como *Papaver rhoeas* e *Centáurea cyanus*, proporciona outra

solução econômica e sustentável para áreas urbanas com grande apelo visual. Este tipo de prado é um prado com espécies de baixo porte, com altura de 20 a 30 cm.

Outro modelo frequentemente aplicado é a mistura com espécies herbáceas arbustivas, que combina gramíneas, flores silvestres e arbustos para criar um sistema mais estruturado e resiliente. A base do prado é formada por 60% de gramíneas, como 30% de *Festuca arundinacea*, 20% de *Dactylis glomerata* e 10% de *Lolium perenne*. Já as flores silvestres, representando 25% da composição, incluem espécies como *Papaver rhoeas*, *Anthemis arvensis* e *Centaurea cyanus*, que oferecem benefícios como atratividade para polinizadores e aumento da biodiversidade. Para completar, arbustos como *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas*, *Quercus coccifera* e *Arbutus unedo* representam 15% da mistura, proporcionando estabilidade e uma estrutura mais robusta aos espaços verdes.

Arbustos e Herbáceas: Uma Transição Sustentável

A seleção de espécies arbustivas e herbáceas revela uma tendência clara para a substituição de plantas exóticas por espécies mediterrânicas. Entre as herbáceas mais frequentes, encontram-se a alfazema (*Lavandula angustifolia*), conhecida pela sua resistência à seca e pela capacidade de atrair polinizadores. A sua floração sazonal e aroma característico tornam-na uma escolha frequente para bordaduras e taludes. Outra espécie relevante é a santolina (*Santolina chamaecyparissus*), amplamente empregada em áreas inclinadas pela sua eficácia na estabilização do solo e pela resistência ao stress hídrico. Adicionalmente, o alecrim rasteiro (*Rosmarinus officinalis prostratus*) e a grama azul (*Festuca glauca*), complementam a cobertura do solo em áreas ornamentais e prados floridos, contribuindo para a retenção da humidade e para a estética paisagística.

A seleção de arbustos segue uma lógica semelhante, privilegiando espécies robustas e adaptáveis. O pittosporo-anão (*Pittosporum tobira nana*) e o folhado (*Viburnum tinus*), além de sua versatilidade, oferecem valor ornamental e são frequentemente integrados em projetos paisagísticos. A giesta (*Cytisus scoparius*), por sua vez, desempenha um papel funcional importante em declives, estabilizando o solo e contribuindo para a sua fertilidade através da fixação de azoto. Em projetos mais recentes, combinações cuidadosas de plantas, como o hebe 'Autumn Beauty' (*Hebe speciosa*), mostram como é possível alinhar objetivos ecológicos e estéticos.

Alterações na Composição Arbórea

A análise das espécies arbóreas presentes nos espaços verdes de Coimbra evidencia a coexistência de espécies exóticas, frequentemente plantadas em décadas passadas por razões ornamentais, e de espécies autóctones ou mediterrânicas, incorporadas recentemente para promover maior sustentabilidade.

Nas áreas mais antigas, predominam espécies ornamentais, como o jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), tipuana (*Tipuana tipu*) e o carvalho-sedoso (*Grevillea robusta*), conhecidas pelo seu impacto visual marcante e pela sua contribuição histórica à paisagem urbana. Além destas, encontram-se outras espécies, como o lódão-bastardo (*Celtis australis*) e a ameixeira-roxa (*Prunus cerasifera var. pissardii*), que reforçam a diversidade das antigas

plantações. Estas árvores, embora menos adaptadas às atuais preocupações de sustentabilidade, permanecem como elementos simbólicos e esteticamente relevantes em muitas zonas. Em espaços mais específicos, como jardins históricos ou áreas de grande valor visual, também estão presentes espécies como o chorão (*Salix babylonica*) e a palmeira-canária (*Phoenix canariensis*), frequentemente associadas a intervenções paisagísticas realizadas no passado.

Uma característica notável nos projetos recentes é a tendência de complementar as árvores existentes com novas plantações, criando paisagens híbridas que combinam a preservação do património arbóreo com a introdução de espécies mais resilientes. Espécies já presentes, como por exemplo a tília (*Tilia x vulgaris*) e o liquidâmbar (*Liquidambar styraciflua*), são frequentemente mantidas e integradas com novas árvores. Sempre que possível, os projetos tentam preservar árvores maduras, reconhecendo o valor ecológico e simbólico destes exemplares. Contudo, em projetos de grande escala, como o Metro Mondego, a preservação de árvores estabelecidas nem sempre é viável devido à dimensão das intervenções e às alterações significativas no espaço urbano.

Em projetos mais recentes, há uma aposta consistente em espécies adaptadas às condições climáticas locais e que oferecem benefícios ecológicos adicionais. Espécies como o sobreiro (*Quercus suber*), conhecido pela sua resistência à seca e relevância cultural, têm sido amplamente utilizadas. A olaia (*Cercis siliquastrum*), valorizada pela sua floração sazonal e baixa necessidade de manutenção, é frequentemente escolhida para áreas decorativas e taludes. Além disso, espécies como o freixo-do-norte (*Fraxinus excelsior*) e a azinheira (*Quercus ilex*) têm sido incorporadas em espaços que exigem soluções de baixa manutenção.

Estado da Vegetação

Como demonstra a análise, os espaços verdes na área de estudo apresentam uma diversidade crescente de espécies e soluções paisagísticas, que variam entre áreas históricas e novos projetos de urbanização (Apêndice 4).

Nas zonas mais antigas, observa-se uma composição vegetal limitada, com relvados homogêneos e espécies arbóreas predominantemente ornamentais. Embora estes elementos contribuam para o valor patrimonial e visual, exigem elevados custos de manutenção e oferecem benefícios ecológicos reduzidos. Em alguns locais, as árvores cresceram de tal forma que partes das suas raízes já invadiram a calçada envolvente, comprometendo a integridade do pavimento e a segurança pedonal. Em certos locais, a introdução de espécies de floração sazonal tem sido utilizada para melhorar a componente estética, mas estas intervenções implicam custos adicionais.

Por outro lado, os espaços mais recentes apresentam uma diversidade crescente de espécies e tipologias vegetais, contribuindo para práticas de gestão mais sustentáveis. A introdução de prados biodiversos, plantas mediterrânicas e autóctones tem demonstrado vantagens na redução dos custos operacionais e no reforço da resiliência dos ecossistemas urbanos. No entanto, em projetos como as zonas verdes

associadas ao Metro Mondego, surgem desafios que comprometem a qualidade da vegetação e a viabilidade das plantações.

Durante as obras de implementação do projeto, a configuração do solo foi alterada em várias áreas, resultando numa discrepância entre o nível da superfície e a posição original do sistema radicular das árvores. Como consequência, as raízes encontram-se expostas acima do solo e sem a proteção adequada. Esta condição aumenta a vulnerabilidade das árvores a danos mecânicos, acelera a perda de humidade e compromete a sua estabilidade. Além disso, muitas das árvores e arbustos foram plantados sem ligação a um sistema de irrigação, o que pode comprometer a sua sobrevivência. A manutenção, incluindo rega, podas e limpeza, tem sofrido atrasos recorrentes devido a processos burocráticos associados à transição de responsabilidades entre entidades gestoras.

Noutros espaços requalificados, identificam-se problemas como a perda de árvores devido a danos nas raízes, o amarelecimento dos relvados pela falta de água e a compactação do solo provocada pelo trânsito de maquinaria pesada. Essas condições afetam a regeneração da vegetação e comprometem a qualidade ambiental da área. A ausência dum planeamento adequado para mitigar estas fragilidades compromete a eficácia das intervenções e exige correções para evitar problemas semelhantes em futuras requalificações.

A plantação de arbustos seguiu um método recorrente, no qual a superfície do solo foi coberta com uma manta geotêxtil perfurada para a inserção das plantas, sendo posteriormente aplicada uma camada de casca de pinho com o objetivo de minimizar a evaporação e reduzir o crescimento de infestantes. No entanto, em vários locais, essa camada revela-se demasiado fina, deixando o solo exposto e diminuindo a sua eficácia. Mesmo em áreas ainda não concluídas ou entregues recentemente, já se verifica a rápida proliferação de infestantes, o que pode afetar o desenvolvimento das espécies recém-plantadas e exigir intervenções frequentes.

A análise das estratégias atuais mostra limitações na manutenção, no consumo de água e na gestão da vegetação. Há margem para melhorar processos, reduzir custos e tornar a gestão mais eficiente. O capítulo 4 apresenta medidas para corrigir estas fragilidades.

3.3 Cálculo da Necessidade de Água para Irrigação

A escolha das espécies, embora indispensável para melhorar a resiliência ecológica e reduzir o consumo potencial de água, não assegura resultados satisfatórios se a rega continuar a ser aplicada sem distinção entre tipologias vegetais. Mesmo nos casos em que se privilegiam plantas mediterrânicas, a irrigação sem ajustamento às reais necessidades hídricas de cada vegetal compromete os benefícios esperados.

Apesar da elevada fragmentação do sistema de rega e das perdas substanciais identificadas na maioria dos espaços analisados, a avaliação detalhada da eficiência

hídrica depende fundamentalmente do cálculo da necessidade de rega efetiva, especialmente durante os meses de maior déficit hídrico. A ausência de um registo sistemático e fiável de volumes aplicados impossibilita a análise da eficiência real com base em indicadores como o coeficiente de uniformidade ou a percentagem de perdas por distribuição inadequada.

Este problema estende-se também à fase de projeto de rega: praticamente todos os sistemas analisados foram implementados sem qualquer memória descritiva. Os projetos limitam-se a desenhos em *AutoCAD*, muitas vezes incompletos e sem referência a volumes, pressões ou tempos de rega. Esta abordagem dificulta a adaptação dos sistemas às reais necessidades das plantas e contribui para disfunções recorrentes, como sobreutilização da água ou rega insuficiente em áreas sensíveis, comprometendo a eficiência a médio e longo prazo.

Para responder à necessidade de avaliar a eficiência hídrica de forma objetiva, aplicou-se a metodologia descrita no capítulo 2.2.2, tendo como objetivo principal determinar a necessidade de rega efetiva. Com este método, foi possível efetuar cálculos orientadores e evidenciar a disparidade entre a quantidade de água efetivamente requerida pelas plantas e a que é fornecida no terreno - ou seja, estimar o potencial benefício resultante da adoção sistemática deste tipo de cálculo.

O estudo centrou-se em quatro zonas específicas, que apresentavam menores perdas e maior estabilidade na rega: CEV 3018, 3049, 3057/3076 e 3084. Em cada área (Apêndice 9), consideraram-se as espécies vegetais dominantes (relva, arbustos ou árvores), o estado de conservação (relva bem cuidada ou invadida) e o método de rega utilizado (aspersão, pulverização ou gota-a-gota).

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi determinada com base nas médias mensais observadas entre 2015 e 2024, calculadas a partir de dados diários da estação automática de Coimbra, disponibilizados pelo IPMA. Para assegurar a fiabilidade estatística, foram considerados apenas os meses com pelo menos 25 dias de registos válidos, em conformidade com as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Quando o número de anos com dados completos foi inferior a cinco, recorreram-se aos valores de referência climatológicos do *CLIMWAT* (FAO), através do programa *CROPWAT* [86]. O método de seleção dos dados e os critérios adotados na construção dos valores mensais são apresentados no Apêndice 10.

Para cada parcela, a evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada segundo a equação:

$$ET_c = ET_0 \times K_e \times K_d \times K_m \times K_s,$$

onde K_e é o coeficiente específico da espécie (adotado o valor mais elevado em coexistência de plantas distintas), K_d e K_m ajustam a densidade vegetal e o microclima (exposição solar avaliada adicionalmente com *Shadowmap* [183]) e K_s corrige eventuais estresses hídricos. Subtraindo a precipitação efetiva (P_e), obteve-se a necessidade líquida: $NIR = ET_c - P_e$.

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

Finalmente, dividiu-se NIR pela eficiência operacional do sistema de rega (E_f), gerando a necessidade bruta em cada mês: $NB=NIR/E_f$.

Os dados mensais e as folhas de cálculo detalhadas encontram-se no Apêndice 11. No Quadro 3.3 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos, limitada aos meses com registos fiáveis. Os valores não incluem perdas de distribuição.

Quadro 3.3 - Resumo comparativo das necessidades hídricas e consumos reais (2024)

CEV	Tipo de Espaço	Área (m ²)	Volume estimado (m ³)	Consumo real (m ³)	Redução potencial (%)	Poupança potencial (€)
3018	Espaço relvado com árvores	176,2	68	132	48%	118,4 €
3049	Espaço relvado com palmeiras	373,06	147	206,4	29%	109,6 €
3057 + 3076	Relvado com canteiros de arbustos	617,39	270	484,4	44%	399,1 €
3084	Espaço relvado com flores	307	89	230	61%	261,4 €

O volume estimado reflete a água que as plantas realmente precisariam, considerando a precipitação local, a evapotranspiração de referência e os coeficientes específicos de cada zona. A coluna «Redução potencial» corresponde à percentagem de poupança que teria sido possível em 2024 caso o consumo real não ultrapassasse esse valor. Esta diferença entre os volumes permite identificar margens reais de otimização, tanto ao nível da regulação dos sistemas de rega como da coerência entre a vegetação existente e as condições edafoclimáticas.

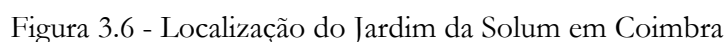
Para reforçar a utilidade prática dos cálculos efetuados, foi elaborado o Quadro 3.4, que apresenta os volumes mensais estimados para cada zona e os respetivos ajustes sazonais, com base na necessidade máxima registada em julho. Estes valores podem ser aplicados diretamente na programação manual dos controladores de rega, permitindo uma adaptação simples e racional às variações sazonais, mesmo na ausência de sensores ou automatização.

Quadro 3.4 - Volume mensal estimado e ajuste sazonal por zona (referência: julho = 100%)

Mês	CEV 3018		CEV 3049		CEV 3057		CEV 3076		CEV 3084	
	Volume (m ³)	Ajuste (%)	Volume (m ³)	Ajuste (%)	Volume (m ³)	Ajuste (%)	Volume (m ³)	Ajuste (%)	Volume (m ³)	Ajuste (%)
Mar	1,48	5%	0,00		5,28	10%	0,00		0,00	
Abr	3,06	10%	0,00		9,05	16%	0,00		0,00	
Mai	11,12	36%	14,55	27%	22,55	41%	1,65	11%	10,49	25%
Jun	20,09	65%	32,88	61%	36,87	67%	7,90	55%	25,47	60%
Jul	30,87	100%	53,58	100%	54,88	100%	14,42	100%	42,16	100%
Ago	26,32	85%	45,29	85%	47,01	86%	12,00	83%	35,55	84%
Set	11,10	36%	15,65	29%	21,86	40%	2,49	17%	11,59	27%

Nos meses de inverno, não se prevê necessidade de rega, devido às condições climáticas locais.

Após a avaliação das fragilidades atuais em geral, este capítulo concentra-se na análise detalhada do Jardim da Solum (cod.3035), localizado na Praceta Gira Solum de Coimbra. Esta área foi selecionada por reunir desafios específicos, como a diminuição acentuada da vegetação devido a intervenções recentes, o funcionamento ineficiente do sistema de rega e a necessidade de articulação com novas infraestruturas. A localização exata é apresentada na Figura 3.6. O diagnóstico permitirá compreender as condições atuais, identificar limitações e propor soluções que possam ser aplicadas tanto nesta área como noutros espaços urbanos com características semelhantes.



O Jardim da Solum, construído em 2004 em simultâneo com o Estádio Cidade de Coimbra, foi concebido como parte dum projeto de requalificação urbana, integrando áreas relvadas, árvores de grande porte e caminhos pedonais. Contudo, as transformações urbanísticas ocorridas nos últimos anos alteraram profundamente a sua configuração, resultando numa redução significativa da cobertura vegetal e comprometendo a sua funcionalidade. Como mostra a Figura 3.7, entre 2022 e 2024, intervenções como a construção da linha do Metro Mondego e a criação de zona de tomada e largada de alunos (*Kiss and Ride*) reduziram a área verde de 1956,20 m² para 1075,85 m², afetando a continuidade do espaço público e a sua atratividade original.



Figura 3.7 - Transformações no Jardim da Solum entre 2022 e 2024. Imagens © Google Earth

Atualmente, o jardim encontra-se num estado de degradação, sendo utilizado predominantemente como espaço de transição e para o passeio de cães. Embora mantenha fluxo pedonal intenso devido à sua proximidade com escolas, comércio e equipamentos desportivos, a falta de integração entre os elementos urbanos e o declínio das condições ambientais limitam a sua utilização como espaço de estadia e o seu valor de uso para a comunidade. Essa situação é ilustrada na Figura 3.8, que apresenta uma vista geral do estado atual do espaço.



Figura 3.8 - Estado atual do Jardim da Solum (2024). Fotografia da autora.

A substituição de zonas relvadas por pavimentos rígidos intensificou o escoamento superficial e alterou o microclima local. A vegetação remanescente, sujeita a manutenção deficiente e exposta a condições climáticas extremas, apresenta sinais de declínio.

3.4.2 Infraestruturas e Condições do Espaço

A análise detalhada das infraestruturas existentes no Jardim da Solum revela diversos problemas que comprometem tanto a funcionalidade quanto a qualidade ambiental do espaço. Embora os bancos estejam em condições físicas razoáveis, a sua disposição atual não reflete as necessidades dos utilizadores, dificultando a circulação e desestimulando o seu uso. Em vez de oferecerem conforto ou incentivo à permanência no local, os bancos acabam por criar barreiras físicas que complicam o fluxo de pessoas no espaço, tornando-o menos acessível e funcional, como é possível observar na Figura 3.7 e Figura 3.8.

A inexistência de percursos estruturados, combinada com as transformações urbanísticas recentes na sua envolvente, resultou na criação de caminhos informais pelos próprios utilizadores. Essas mudanças, visíveis na Figura 3.9, resultam de uma adaptação às novas condições de mobilidade, mas acarretam consequências ambientais negativas. A criação destes caminhos tem intensificado a compactação do solo, acelerado a degradação da vegetação e fragilizado os mecanismos naturais de regeneração, o que contribui para a erosão e o empobrecimento progressivo da cobertura vegetal. Neste cenário, o jardim é utilizado sobretudo como zona de passagem ou para o passeio de cães, o que evidencia a ausência de infraestruturas adequadas a uma utilização mais diversificada e qualificada do espaço.



Figura 3.9 - Caminhos informais e degradação da vegetação no Jardim da Solum (2024).
Fotografia da autora.

Outro desafio crítico é a gestão ineficaz das águas pluviais. O sistema de drenagem não consegue escoar adequadamente a água da chuva, causando acumulações e erosão do solo. A localização do jardim, numa zona mais baixa em relação às infraestruturas envolventes, associada à predominância de superfícies impermeáveis no seu entorno, agrava ainda mais a dificuldade de escoamento da água. Embora parte da pavimentação na zona de tomada e largada de alunos (*Kiss and Ride*) seja permeável, a substituição de áreas relvadas por este tipo de superfície ainda reduziu a capacidade natural de infiltração, intensificando o escoamento superficial e aumentando os riscos de erosão.

O plano de trabalhos realizado para a construção de *Kiss and Ride*, conforme detalhado no Anexo 3, evidencia algumas das decisões que influenciaram negativamente o espaço verde. O projeto resultou na remoção de árvores devido às suas fracas condições e conflitos com redes subterrâneas, enquanto a arborização proposta não foi plenamente executada na prática. Este desequilíbrio entre a perda e a reposição da vegetação comprometeu ainda mais a capacidade de regeneração ambiental da área. Ao mesmo tempo, a reorganização espacial introduziu novos elementos construtivos que limitaram a fluidez da circulação pedonal e diminuíram a atratividade do local como espaço público de permanência.

A requalificação do espaço deverá considerar tanto as solicitações dos utilizadores quanto a necessidade de preservar os elementos naturais existentes, equilibrando funcionalidade, sustentabilidade e estética.

3.4.3 Eficiência Hídrica e Sistemas de Rega

A zona enfrenta desafios consideráveis relacionados à gestão hídrica, destacando a desconexão do sistema de rega original. Embora ainda possua um contador de água, este está atualmente conectado a uma área adjacente, recentemente revitalizada com plantações de arbustos (cod. 3140 na Figura 3.1). Dados históricos revelam que o consumo de água sempre foi elevado nesta área, mesmo antes das remodelações, devido a fugas constantes e dificuldades no controlo operacional da infraestrutura.

Em 2024, o contador continua a registar valores anormalmente altos, com uma média mensal de 1365 l/m². As perdas totalizam 1460 m³, correspondendo a 95,7% do consumo total, o que representa um custo de 2712,8 €. Estes dados reforçam a existência continuada de problemas relacionados com perdas, que persistiram durante seis meses consecutivos sem solução. Adicionalmente, a falta de uma monitorização eficaz parece ter contribuído para atrasos na identificação e correção das falhas, agravando ainda mais o desperdício de recursos.

Outro fator que compromete a eficiência da gestão hídrica é o projeto inadequado do sistema de rega. Os aspersores encontram-se mal posicionados, resultando numa cobertura desigual das áreas vegetadas. O número insuficiente de dispositivos, combinado com direções de pulverização mal ajustadas, reduz ainda mais a eficácia da distribuição de água. Estes problemas tornam evidente a necessidade de uma reavaliação técnica da infraestrutura existente.

3.4.4 Composição e Estado da Vegetação Local

O Jardim da Solum apresenta uma composição arbórea dominada por árvores de grande porte, algumas plantadas há várias décadas, e por áreas relvadas esparsas. A vegetação remanescente reflete as sucessivas intervenções urbanísticas na zona, que alteraram a distribuição das áreas verdes e modificaram a estrutura original do espaço. A análise das características das árvores evidencia variações significativas na sua estrutura, como detalhado no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Caracterização das árvores no Jardim da Solum. Com base no cadastro municipal.

Nome Comum	Nome Científico	Nº de Exemplares	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
Carvalho sedoso	<i>Grevillea robusta</i>	3	265-357	130-149
Olaia	<i>Cercis siliquastrum</i>	8	126-133	33-50
Oliveira	<i>Olea europaea</i>	9	110-224	32-54
Pinheiro-manso	<i>Pinus pinea</i>	3	397-597	78-138
Tília prateada	<i>Tilia tomentosa</i>	10	202-259	76-93

A presença prolongada das árvores alterou gradualmente a relação entre a vegetação e as infraestruturas urbanas. Com o crescimento ao longo das décadas, as raízes expandiram-se para além dos limites iniciais, infiltrando-se entre os blocos da calçada e tornando-se visíveis em vários pontos. Este processo resultou na elevação de algumas secções do pavimento, mas sem comprometer significativamente a circulação pedonal. Em certas áreas, as raízes cresceram entre as pedras da calçada,

integrando-se à estrutura existente e criando um padrão que evidencia a adaptação natural da vegetação ao ambiente urbano. Este fenômeno, típico de áreas com arborização antiga, demonstra a capacidade das árvores se ajustarem ao espaço, mas também revela a ausência de medidas regulares de gestão que pudessem ter mitigado esses ao longo do tempo, como ilustrado na Figura 3.10.



Figura 3.10 - Raízes expostas e interação com a calçada no Jardim da Solum (2024).
Fotografias da autora.

A cobertura vegetal encontra-se num processo de degradação progressiva. As áreas relvadas, outrora contínuas, estão hoje fragmentadas, com falhas evidentes e presença de espécies espontâneas. A circulação intensa de peões e a passagem de maquinaria pesada durante as obras recentes agravaram ainda mais essa degradação, reduzindo a capacidade de infiltração da água e favorecendo o escoamento superficial. Nos locais onde a vegetação foi removida, a regeneração natural não ocorreu de forma eficiente, deixando superfícies expostas e mais vulneráveis ao desgaste ambiental.

3.4.5 Acessibilidade e Usos do Espaço

A organização atual do jardim reflete um espaço que perdeu a sua estrutura original, afetando a forma como é utilizado diariamente. Embora continue a ser um ponto de passagem frequente, a funcionalidade do espaço foi gradualmente reduzida, sobretudo devido à falta de integração entre os elementos urbanos e a vegetação existente. A fragmentação das áreas verdes e a presença de barreiras físicas, como mobiliário urbano mal posicionado e percursos irregulares, influenciam a circulação e reduzem as possibilidades de permanência no local.

A criação dum novo atravessamento pedonal associado ao Metro Mondego irá também alterar significativamente os padrões de deslocação na área, atraindo novos fluxos de peões e aumentando a diversidade de movimentos. A ausência dum alinhamento claro entre os percursos existentes e os atravessamentos designados pode levar a um aumento das travessias em locais não previstos, o que interfere com a circulação viária e compromete a segurança dos utilizadores.

Outro fator que compromete a funcionalidade do espaço é a ausência de iluminação adequada. A escassez de pontos de luz reduz a sensação de segurança durante a noite, tornando o jardim menos acessível fora do período diurno. Algumas áreas

permanecem em escuridão parcial, o que desincentiva o seu uso e contribui para a percepção de insegurança entre os utilizadores.

A interação entre os elementos urbanos e a vegetação evidencia a necessidade de uma reorganização do espaço. A introdução de novas infraestruturas, como o atravessamento pedonal associado ao Metro Mondego, reforça a importância dum planeamento mais estruturado que permita integrar esses diferentes componentes de forma coerente. A adaptação do jardim às novas dinâmicas de mobilidade representa uma oportunidade para redefinir a sua funcionalidade e recuperar a sua relevância como espaço público qualificado.

3.4.6 Síntese de Problemas e Oportunidades

As intervenções recentes no Jardim da Solum e o desenvolvimento das infraestruturas associadas ao Metro Mondego criam condições para uma reorganização profunda do espaço. A adaptação do jardim a esta nova realidade constitui uma oportunidade para melhorar a gestão da água, a estrutura dos percursos e a qualidade da vegetação.

A eficiência hídrica é um dos principais desafios a ser enfrentado, dado que o sistema de rega atual apresenta falhas e consumos elevados sem uma distribuição eficaz. A incorporação de tecnologias como sensores de humidade e sistemas de rega localizada poderá alinhar o consumo de água com as necessidades reais das espécies vegetais, contribuindo para a conservação dos espaços verdes.

Paralelamente, a gestão das águas pluviais deve ser integrada no processo de requalificação. A adoção de SuDS, com soluções como pavimentos permeáveis, valas de infiltração e bacias de retenção, pode mitigar os efeitos da impermeabilização, restaurar a capacidade de infiltração e aumentar a resiliência ambiental, tanto na área verde como na zona de largada de alunos.

A circulação pedonal requer também reorganização, ajustando-se ao atravessamento do Metro Mondego e ao aumento do fluxo de utilizadores. A definição clara de acessos, complementada por barreiras vegetais e percursos estruturados, permitirá orientar os movimentos sem afetar negativamente as zonas verdes remanescentes.

A vegetação assume um papel central nesta transformação. A escolha de espécies resistentes ao clima local, aliada à recuperação do solo compactado, poderá favorecer a regeneração natural e reforçar a biodiversidade. Uma cobertura arbórea mais equilibrada também melhorará a experiência dos utilizadores, assegurando continuidade entre sombra, conforto térmico e percursos.

A adaptação às novas condições urbanas exige um equilíbrio entre infraestrutura, mobilidade e sustentabilidade ambiental. A gestão eficiente da água, a reorganização dos percursos pedonais e a recuperação das áreas verdes são fatores determinantes para tornar o espaço mais funcional e integrado na malha urbana, garantindo que continue a responder às necessidades da comunidade.

3.5 Perceção e Envolvimento da Comunidade

A forma como a população de Coimbra utiliza e avalia os espaços verdes é decisiva para compreender as transformações em curso na cidade. Num período de mudanças urbanas aceleradas, torna-se necessário equilibrar o desenvolvimento das infraestruturas com a preservação do ambiente. Com uma forte herança cultural, Coimbra enfrenta o desafio de modernizar as áreas urbanas sem comprometer os valores ecológicos e históricos. Projetos recentes, como o Metro Mondego, originam perceções diversas entre os moradores: alguns veem a melhoria da mobilidade como algo benéfico, enquanto outros se preocupam com a redução de zonas verdes e o impacto imediato no meio urbano.

Este cenário evidencia a importância de envolver a comunidade na definição de prioridades de requalificação, assegurando que as soluções propostas correspondam às necessidades reais do espaço e da sua população. No caso do Jardim da Solum, a perceção dos moradores varia entre a valorização das melhorias infraestruturais e a preocupação com a perda de áreas verdes. Para compreender como este espaço é utilizado e quais as expectativas em relação ao futuro, foram aplicadas diferentes metodologias de recolha de dados, com foco para o inquérito comunitário.

3.5.1 Metodologia de Inquérito à População

Para aprofundar o entendimento da relação da comunidade com o Jardim da Solum, recorreu-se a uma metodologia que conjuga técnicas participativas e análise empírica. Recolheram-se dados sobre perceções, usos e expectativas dos residentes em relação à zona, mediante diferentes questionários, cada um focado num público-alvo distinto. A Figura 3.11 apresenta um resumo visual dos questionários aplicados, distinguindo-os quanto ao público-alvo, formato e duração.

RÁPIDO	2 – 3 min	Utilizadores do Jardim da Solum Presencial (QR code + tablets no local)	
ESCOLAR	5 – 7 min	Docentes, funcionários e encarregados de educação Digital (QR code + e-mail através da escola)	
INFANTIL	10 – 15 min	Alunos da 2.º Jardim-Escola João de Deus Papel (desenhos durante o tempo escolar)	
GERAL	8 – 10 min	Residentes e utilizadores do Jardim da Solum Online (QR code - redes sociais e comércio local)	

Figura 3.11 - Tipologia dos questionários aplicados no Jardim da Solum

Questionário rápido

Aplicado presencialmente no Jardim da Solum, foi concebido para captar opiniões imediatas de quem utiliza o espaço no dia a dia. Decorreu ao longo de três dias, em

horários variados - num dia útil de manhã, noutra após o almoço e ao sábado, procurando abranger perfis diversos de utilizadores. Com uma duração reduzida, abordou questões essenciais sobre a frequência de utilização, as condições do local e as mudanças percebidas após as intervenções recentes.

Para facilitar e tornar o processo mais ecológico, foram usados cartazes com QR-code (Ex. Apêndice 12.1.), permitindo que os utilizadores respondessem diretamente no seu telemóvel, através da plataforma *Google Forms*. Nos casos em que surgiram dificuldades, a equipa de investigação disponibilizou tablets no local, auxiliando no preenchimento e reduzindo, assim, o uso de papel. Esta estratégia de recolha alinou-se com os objetivos ambientais do estudo, promovendo maior acessibilidade e conveniência. A estrutura detalhada deste questionário encontra-se no Apêndice 12.2.

Questionário escolar

Aplicado a docentes, funcionários e encarregados de educação das escolas 2.º JE João de Deus Coimbra e JI Solum, procurou avaliar de que forma as mudanças no espaço afetaram a rotina escolar e o bem-estar dos alunos. Foram analisadas questões relacionadas com a acessibilidade, a segurança e a adequação do jardim como um local de apoio à comunidade educativa. O questionário foi preenchido com o apoio das direções escolares, garantindo a participação de diferentes atores envolvidos no quotidiano das escolas vizinhas.

Para incentivar uma maior adesão, colocaram-se cartazes informativos nas entradas da escola, com QR-codes (Ex. Apêndice 12.1.) que direcionavam diretamente para a plataforma digital *Google Forms*, complementados pelo envio simultâneo de mensagens por correio eletrónico, através dos canais oficiais da instituição. A estrutura detalhada deste questionário encontra-se no Apêndice 12.3.

Inquérito infantil

Desenhado para ser respondido em contexto escolar, com a mediação dos professores da escola 2.º JE João de Deus Coimbra, permitiu recolher a perceção das crianças sobre o jardim, a forma como o utilizam e as melhorias que consideram mais importantes. Utilizando linguagem acessível e elementos gráficos adaptados à faixa etária, este questionário focou-se na relação afetiva dos mais novos com o espaço, nas atividades que realizam e nas dificuldades que encontram no seu uso.

Este foi o único questionário aplicado em formato físico (papel), pois previa atividades criativas e desenhos feitos pelas crianças, impossíveis de concretizar exclusivamente em meio digital. Tal consulta, muitas vezes negligenciada em processos de requalificação urbana, revelou aspetos fundamentais sobre a importância do Jardim da Solum para a experiência infantil na cidade. A estrutura detalhada deste questionário encontra-se no Apêndice 12.4.

No caso específico do JI Solum, apesar de inicialmente prevista a aplicação do questionário, esta não ocorreu devido a dificuldades administrativas nas escolas públicas. Para realizar inquéritos em meio escolar, é obrigatório o registo prévio da entidade requerente na plataforma Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar

(MIME) da Direção-Geral da Educação (DGE) [184], com a submissão dos instrumentos de inquirição e documentos metodológicos para aprovação. Contudo, a plataforma MIME não validou a primeira etapa do registo, inviabilizando todo o processo. Em resultado, os questionários não chegaram a ser aplicados, ficando por obter as respostas de 21 alunos desta instituição.

Questionário geral

Mais extenso e detalhado, este questionário foi disponibilizado em plataformas digitais, estando aberto a todos os residentes da cidade e utilizadores do espaço. Incluiu um conjunto abrangente de questões sobre padrões de utilização, perceção da qualidade ambiental, sugestões de melhoria e prioridades para a futura requalificação do jardim. A sua disponibilização online possibilitou alcançar uma diversidade maior de públicos, incluindo tanto os utilizadores frequentes como aqueles que deixaram de visitar o jardim após as intervenções realizadas.

A divulgação decorreu através das páginas oficiais do município no Facebook e Instagram, bem como no website da CMC, estando o formulário alojado na plataforma *Google Forms* para facilidade de acesso e recolha de dados. Paralelamente, foram afixados cartazes com QR-codes, de acesso direto ao questionário em diversos estabelecimentos comerciais da área envolvente (cafés, restaurantes, lojas e serviços postais). Exemplares destes materiais encontram-se Apêndice 12.1. A estrutura deste questionário encontra-se no Apêndice 12.5.

3.5.2 Resultados do Inquérito e Expectativas dos Utilizadores

O estudo contou com a participação de 797 pessoas de diferentes perfis - crianças, membros da comunidade escolar, cidadãos do público geral e utilizadores abordados presencialmente no Jardim da Solum, conforme ilustra a Figura 3.12.

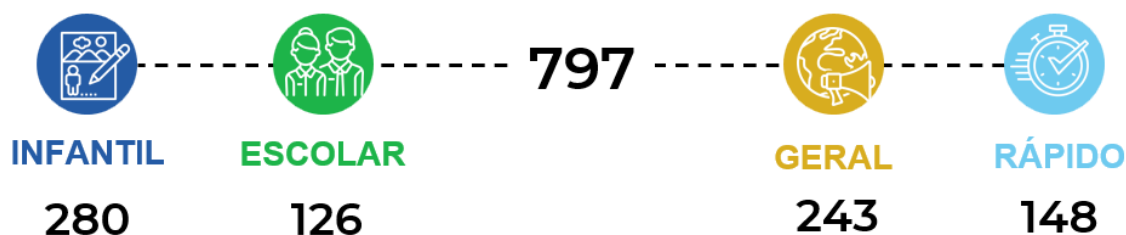


Figura 3.12 - Distribuição dos participantes por perfil de inquiridos

Para realizar uma análise aprofundada, os dados foram processados de maneira cuidadosa. No caso dos desenhos das crianças, cada um foi analisado individualmente, destacando-se os elementos mais recorrentes. Identificaram-se as preferências visuais e os temas mais comuns, o que permitiu compreender as principais ideias expressas. Quanto às respostas abertas dos questionários, todas foram transcritas e organizadas para possibilitar a análise palavra por palavra os conceitos-chave, agrupando-as conforme semelhanças temáticas. Esse processo revelou padrões e percepções recorrentes que ajudaram a estruturar a análise.

Os resultados revelam padrões e tendências comuns nas preferências e preocupações dos participantes, mas também mostram diferenças notáveis entre os grupos no que diz respeito às prioridades e percepções sobre os espaços verdes.

Para simplificar a apresentação dos resultados, estes são discutidos primeiro de forma geral, seguidos por uma breve análise comparativa dos diferentes grupos, destacando estatísticas-chave e exemplos relevantes das respostas abertas. O detalhe completo dos dados em gráficos pode ser consultado no Apêndice 13.

Visão geral do espaço

Todos os grupos, cada um a seu modo, reconhecem que o Jardim da Solum não está atingindo todo o seu potencial atualmente. As crianças, embora vejam o jardim com bons olhos em termos estéticos (*metade acha bonito*), percebem que *podia ficar melhor* e apontam falta de equipamentos de brincar e limpeza. Pais/professores enfatizam a falta de manutenção e degradação decorrente das obras, enquanto o público geral critica a escassez de vegetação e mobiliário e o fato de estar *vazio/pouco atrativo*. Até os utilizadores diários sentem ausência de bancos confortáveis e caminhos adequados.

A ampliação da vegetação é sem dúvida a exigência número um. Todos os grupos pedem mais árvores de sombra e mais flores/plantações. Isso inclui tanto recuperar áreas verdes perdidas quanto enriquecer as existentes com jardins floridos, relva bem cuidada e até hortas educativas. Portanto, todos concordam que o espaço precisa de melhorias, embora enfoquem aspetos ligeiramente distintos (crianças - diversão; adultos locais - manutenção e segurança; público amplo - uso comunitário; transeuntes - conforto básico).

Uso do jardim e importância para crianças

Aqui vemos diferenças claras. As crianças gostariam de usar mais o jardim - elas pedem parque infantil, e quase todos querem atividades escolares lá - mas atualmente poucas brincam frequentemente nele. Do lado dos adultos, só 20% dos moradores com filhos levam as crianças porque julgam o espaço inadequado, e pais da comunidade escolar apontam perigos (falta de vedação para o metro, etc.). Ou seja, existe uma lacuna entre o desejo das crianças e a confiança dos adultos para que elas usem o jardim. Os pais querem ver condições de segurança e infraestrutura antes de deixarem os filhos usufruí-lo. Esse hiato explica por que tornar o jardim acolhedor e seguro para crianças é uma prioridade que transparece em todos os grupos: as crianças pedem diretamente; os pais e público geral mencionam melhorias; mesmo quem não tem filhos reconhece que falta atrair famílias ao local.

Infraestruturas desejadas

Há consenso forte em certos pontos materiais. Mais verde (árvores, arbustos, flores) e mais locais para sentar (bancos) são praticamente unânimes entre adultos e até lembrados pelas crianças (alguns alunos citaram *bancos para os avós se sentarem*, por exemplo). Observou-se, porém, que as estruturas de betão atualmente existentes, embora tecnicamente possam servir de assento, não são percecionadas como

«bancos» pela maioria dos utilizadores e raramente são usadas como tal, o que reforça a importância de escutar os hábitos e percepções reais da comunidade.

Sombra no verão e bebedouros também são necessidades transversais da comunidade escolar, geral e utilizadores da rua. Iluminação melhor apareceu nos três grupos de adultos - para segurança à noite e possibilidade de uso no final do dia. As atividades de lazer esperadas variam: quase todos crianças e alguns pais querem equipamentos infantis (mostraram preferência de madeira ou materiais naturais); muitos adultos sugerem também um espaço de convívio comunitário (eventualmente com quiosque ou eventos). O público geral adicionou a ideia de percurso de exercício físico. Já pouquíssimos acham que não é preciso mudar nada - a aceitação do *status quo* foi baixa em todos os grupos, indicando um forte apetite por requalificação.

Percepção das obras do MetroBus e Kiss and Ride:

Aqui notamos diferenças marcantes entre quem está ligado à escola e o público em geral. Os encarregados de educação e funcionários dividem-se: vários reconhecem melhora na circulação de carros na escola e utilizam o *Kiss and Ride* (há quem diga ser *fundamental*), mas muitos também reclamam dos problemas de implementação e funcionamento. Já o público geral, em maioria, não sente benefícios diretos do *Kiss and Ride* - pelo contrário, vê-o como algo que reduziu o jardim e trouxe pouco ganho, uma vez que não o usa (apenas pais de alunos teriam acesso). A consequência é que mais de metade dos cidadãos defende reduzir ou eliminar a área de estacionamento e ampliar a vegetação, enquanto apenas 4% dos pais/funcionários sugeriram explicitamente reduzir o estacionamento.

Os pais preferiram em grande número a opção intermediária de criar uma área de lazer com sombras e bancos integrada na zona e mais 27% optaram por «criar mais espaços verdes na envolvente do *Kiss and Ride*» sem necessariamente acabar com ele. Ou seja, a comunidade escolar tende a aceitar a existência do *Kiss and Ride* se ele for melhorado/integrado, ao passo que o público geral se mostra mais crítico, muitos querendo diminuir ou eliminar aquele parque fechado. Ambos os grupos, porém, concordam que não está equilibrado atualmente - menos de 1/5 dos pais e 1/10 do público geral acham que deve *manter como está*.

Os utilizadores da rua também refletem essa divisão: nos seus comentários, houve quem dissesse *nada precisa mudar* e quem dissesse *eliminar estacionamento, abrir para todos e aumentar estacionamento*, mas a maioria simplesmente priorizou outras melhorias sem abordar diretamente o tema - possivelmente por não usarem o ou não verem escolha naquele momento.

Em suma, para o público em geral o *Kiss and Ride* representa mais um obstáculo ao jardim, enquanto para os pais ele representa conveniência misturada com frustração (conveniência quando funciona, frustração quando falha e pela perda de área verde).

Mobilização e interesse em participar

Um ponto positivo comum é que existe disposição para participação comunitária na melhoria do jardim, especialmente entre quem está ligado à escola. Mais da metade

dos pais, professores e funcionários disse que gostaria de se envolver ativamente (e mais 38% talvez) em iniciativas de manutenção/valorização do espaço se ele for requalificado - por exemplo, mutirões de limpeza, jardinagem, atividades pedagógicas. Esse entusiasmo por parte da comunidade escolar indica um potencial de parceria com a escola e município para manter o jardim após as obras. Entre o público geral, embora a pergunta direta não tenha sido feita, muitos comentários voluntários apontam um sentimento de pertencimento e desejo de serem ouvidos.

Algumas pessoas mostraram ceticismo (achando que suas respostas poderiam ser ignoradas ou manipuladas), mas o simples fato de terem participado e escrito sugestões detalhadas revela engajamento. As crianças também participaram com criatividade, o que sugere que envolver os alunos em ações futuras (como plantar flores, pintar espaços, etc.) seria bem recebido. Em contraste, os utilizadores entrevistados na rua, apesar de desejarem melhorias, não expressaram tanto uma intenção de envolvimento - possivelmente pelo formato da pesquisa; porém, se fossem moradores locais, tenderiam a alinhar-se com o restante da comunidade.

Preocupações específicas por grupo

Além dos pontos amplos, há questões peculiares a determinados perfis. Os pais/professores têm preocupação com a segurança viária em torno da escola (fluxo de trânsito, necessidade de separar zonas pedonais das rodoviárias) - perspectiva menos mencionada pelos que não estão no contexto escolar.

O público geral enfatiza bastante a dimensão ambiental e urbana - vários falam em drenagem de águas pluviais, ilhas de calor, perda de solo permeável, etc., inserindo o jardim num contexto de sustentabilidade da cidade. Eles também trazem a visão de que Coimbra carece de jardins de verdade, então essa área deveria ser tratada como oportunidade (um comentário citou o método *Miyawaki* de reflorestação rápida, mostrando um nível de detalhe interessante). Já os utilizadores diários destacaram aspetos práticos imediatos - consertar pavimento, recolocar o que foi quebrado, etc. -, talvez por viverem o incômodo cotidiano.

Quanto às crianças, suas preocupações explícitas são simples (brincar e beleza), mas podemos inferir, por exemplo, que nenhuma criança pediu «mais segurança» ou «menos carros» porque não é a ótica delas - isso coube aos adultos. Portanto, cabe aos responsáveis considerar a segurança e contexto urbano apontado pelos adultos, ao mesmo tempo em que atendem ao anseio de ludicidade e contato com a natureza expresso pelos pequenos.

Em conclusão, os questionários apontam um forte desejo coletivo de transformação: transformar um espaço atualmente percebido como degradado e mal aproveitado num verdadeiro jardim urbano, verde, limpo e vivo apoiado em cinco ações prioritárias ilustradas na Figura 3.13.



Figura 3.13 - Expectativas prioritárias dos utilizadores para o Jardim da Solum

Se implementadas, essas ações não apenas respondem aos anseios da população (crianças e adultos), como tendem a aumentar significativamente o uso e apreço pelo Jardim da Solum, beneficiando a qualidade de vida escolar e comunitária.

3.6 Recomendações Práticas para o Jardim da Solum

Com base na análise desenvolvida até à secção 3.5, apresentam-se recomendações práticas e específicas para o Jardim da Solum, com o objetivo de otimizar a gestão hídrica deste espaço, com foco em soluções aplicáveis e adaptadas à realidade local.

3.6.1 Comunicação e Envolvimento Comunitário

Garantir um retorno claro à comunidade depois a recolha de dados foi considerada um princípio importante deste estudo, na medida em que legitima os processos participativos e valoriza o contributo dos cidadãos. Quando as pessoas dedicam tempo e partilham opiniões, é importante que percebam que foram ouvidas e que os seus contributos podem efetivamente influenciar as decisões.

Todavia, o calendário apertado e restrições administrativas impediram o desenvolvimento de uma estratégia de comunicação estruturada. Não foi possível assegurar qualquer devolução pública alargada. A única ação concretizada consistiu no envio dos resultados para escolas envolvidas. Esta iniciativa, embora útil, não substitui uma verdadeira estratégia de retorno.

O ideal teria sido apresentar os dados de forma aberta à população, com explicações sobre as decisões tomadas e os critérios técnicos que as sustentaram. Esse tipo de transparência teria reforçado a credibilidade do processo e aproximado os cidadãos da gestão urbana. No futuro, a devolução poderá também assumir formas mais eficazes, como:

- instalação de painéis nos acessos ao jardim com códigos QR que remetam para um relatório interativo atualizado trimestralmente;
- organização de uma sessão pública na Escola João de Deus, focada na apresentação das medidas prioritárias e na recolha de novas propostas;
- publicação de um boletim digital semestral com indicadores, por exemplo, de consumo hídrico, estado da vegetação e grau de execução das obras.

Estas práticas ajudariam a dar visibilidade aos contributos recolhidos e a reforçar o sentimento de corresponsabilidade em relação ao espaço público. Assim, a comunicação neste projeto foi limitada e pouco eficaz, mas representa um ponto de partida simbólico. A consolidação desta abordagem poderá, em fases futuras, contribuir para soluções mais bem aceites e mais ajustadas às necessidades reais da comunidade.

Conclui-se que o Jardim da Solum enfrenta dificuldades estruturais de manutenção e gestão hídrica, mas reúne também condições para implementar melhorias relevantes. No próximo capítulo, avaliam-se cenários e impactos de algumas soluções propostas.

3.6.2 Cenários de Cobertura Vegetal e Implicações na Eficiência

A configuração funcional do Jardim da Solum, que integra zonas de estadia, circulação pedonal e áreas de transição, exige uma abordagem específica na escolha da cobertura vegetal. O objetivo é maximizar a eficiência do espaço disponível.

Para apoiar a proposta de requalificação, foi realizada uma simulação exploratória, permitindo comparar diferentes estratégias de composição do solo. A análise focou-se na avaliação das relações custo-benefício antes da definição das soluções localizadas. Abrangeram-se quatro opções de cobertura: relvado convencional, prado biodiverso, arbustos e materiais inertes (gravilha e casca de pinho). Para cada uma, estimaram-se os custos de instalação, os encargos anuais de manutenção e o período de retorno do investimento alternativo, ou seja, o tempo necessário para recuperar o investimento inicial mais elevado através da redução dos custos operacionais.

Custos de implantação

A estimativa dos custos de instalação baseou-se nos dados do Gerador de Preços CYPE (módulo Espaços Urbanos) [185] considerando todas as componentes relevantes: preparação do terreno, aplicação de geotêxtil, instalação de rega (quando aplicável), mão-de-obra, transporte, maquinaria e manutenção inicial. Os valores médios por metro quadrado encontram-se no Quadro 3.6, a informação detalhada está disponível no Apêndice 14.

Quadro 3.6 - Estimativa de custos de implantação (resumo). Com base em [186]-[193].

Tipo de Cobertura	Custo Total Estimado (€/m²)
Relvado Convencional	15,90 - 26,78
Prado Biodiverso	13,93 - 14,93
Arbustos	26,46 - 42,45
Materiais Inertes	7,42 - 29,29

Os valores apresentados correspondem a estimativas médias de caráter indicativo, servindo apenas como referência para os custos de instalação. Em cada tipologia, existem opções mais económicas e outras mais dispendiosas, consoante o tipo de produto selecionado, os fornecedores e os métodos de instalação adotados.

Em relação ao prado biodiverso, este não exige a instalação de um sistema de rega permanente. No entanto, podem ser necessárias regas manuais durante a fase de estabelecimento ou em verões secos, para garantir o seu desenvolvimento adequado. No caso dos arbustos, o sistema de rega gota-a-gota incluído nestas estimativas aplica-se apenas aos primeiros dois a três anos, assegurando a rega necessária para o enraizamento inicial. Por sua vez, a instalação de materiais inertes pressupõe a aplicação de manta geotêxtil e bordaduras metálicas, já contabilizadas nos custos totais.

A comparação dos custos de implantação mostra que o prado biodiverso combina investimento inicial moderado com benefícios ecológicos; o relvado convencional apresenta custos superiores, enquanto os arbustos representam uma solução de custo inicial elevado, justificável apenas a médio e longo prazo. As coberturas inertes, embora económicas, não contribuem para serviços ambientais nem para o conforto térmico.

Custos operacionais anuais

A análise foi complementada com a estimativa dos custos operacionais anuais associados a cada tipologia de cobertura. O consumo de água foi estimado segundo a metodologia descrita no capítulo 2.2.2 assumindo condições padrão (ausência de stress hídrico, exposição solar direta e densidade média de vegetação), aplicando o preço unitário da água de 1,858074 €/m³ [182].

Em complemento, foram avaliados os custos médios anuais de manutenção, correspondentes às operações de corte e poda, com base nos valores analisados na secção 3.2.2.

O Quadro 3.7 sintetiza os valores médios de custos de implantação, consumo de água e manutenção para cada tipo de cobertura vegetal. Informações detalhadas encontram-se disponíveis no Apêndice 15.

Quadro 3.7 - Custos médios de implantação, de água e manutenção por tipo de cobertura vegetal

Cobertura	Implantação (€/m ²)	Custo de Água (€/m ² /ano)	Custo de Manutenção (€/m ² /ano)	Total Anual (€/m ² /ano)
Relvado	21,34	0,95	1,31	2,26
Prado biodiverso	14,43	0,35	0,59	0,94
Arbustos	34,46	0,57	0,48	1,05
Materiais inertes	17,09	0	0	0

Com base na combinação destes parâmetros de implantação e operação, foram desenvolvidos 14 cenários hipotéticos (Apêndice 16), aplicados a uma área de referência de 1000 m². Estes cenários foram agrupados em cinco categorias, desde soluções convencionais homogêneas até estratégias de xerojardinagem com baixa exigência de manutenção. Alguns exemplos dos resultados estão apresentados no Quadro 3.8. É importante sublinhar que os cenários apresentados não foram aplicados diretamente a subzonas específicas do jardim. A sua utilidade reside na capacidade de ilustrar, de forma comparável, os impactos acumulados de diferentes decisões de projeto sobre o consumo e os custos de gestão.

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

Quadro 3.8 - Avaliação comparativa dos cenários de cobertura vegetal de 1000 m² (excerto)

Grupo	Cenário	Custo Anual (€)	Redução de Custos (%)	Redução de Consumo Hídrico (%)
A	A1 (Relvado 100%)	2263	0,00%	0,00%
A	A2 (Prado 100%)	944	58,30%	62,80%
B	B2 (Relvado 60% + Arbustos 40%)	1779	21,40%	16,00%
C	C2 (Prado 60% + Arbustos 40%)	987	56,40%	53,70%
D	D2 (Relvado 20% + Prado 40% + Arbustos 30% + Inertes 10%)	1146	49,40%	47,10%
E	E1 (Inertes 60% + Arbustos 40%)	421	81,40%	76,00%

A análise dos resultados mostra que a substituição parcial do relvado por coberturas de menor manutenção permite reduções substanciais de custos e de consumo hídrico (reduções até 76%). Os cenários naturalizados do grupo C e, sobretudo, os modelos mistos do grupo D diminuem as despesas anuais em cerca de metade face ao caso convencional A1, mantendo uma mancha verde contínua e esteticamente apelativa. Já as opções extremas do grupo E atingem a maior poupança, são adequados para taludes, separadores viários e áreas técnicas onde o critério funcional se sobrepõe.

Os modelos do Grupo B mantêm uma imagem próxima da composição tradicional e permitem alguma redução de encargos. No entanto, o impacto da substituição parcial é limitado, e estes cenários não oferecem ganhos significativos quando comparados com soluções mais integradas. A sua utilidade reside em processos de transição faseada, não como solução final.

O cenário D2, com 40% de prado biodiverso, 30% de arbustos autóctones, 20% de relvado e 10% de inertes, reduz os encargos operacionais para mais de metade e o consumo de água na mesma ordem de grandeza, sem comprometer a funcionalidade das zonas de estadia nem a continuidade da cobertura vegetal. A distribuição equilibrada das tipologias permite responder a diferentes condições de uso, exposição solar e exigência estética dentro do mesmo espaço.

Retorno do investimento e equilíbrio socio-económico

Para avaliar de que forma o investimento inicial se dilui ao longo do tempo, estimou-se o período de retorno de todos os cenários, tomando como referência o relvado (A1) (Quadro 3.9, dados completos no Apêndice 17). Nos cálculos, ponderaram-se os custos médios de instalação de cada tipologia pelas respetivas percentagens de cobertura e compararam-se os valores resultantes com a poupança anual obtida em manutenção e consumo de água.

Quadro 3.9 - Período de retorno (em anos) de investimento alternativo (excerto)

Cenário	Diferença de Investimento (€/m ²)	Período de Retorno
C2 (Prado 60% + Arbustos 40%)	1,1	9 meses
D2 (Mistura equilibrada)	0,75	7 meses
E1 (Inertes 60% + Arbustos 40%)	2,69	1 ano 5 meses

A análise dos dados do Quadro 3.9 mostra que os cenários com maior proporção de prado biodiverso e arbustos apresentam tempos de retorno significativamente mais curtos do que aqueles baseados no relvado convencional. A substituição integral do relvado por prado (cenário A2) ou por combinações com predominância de prado e arbustos (cenários C2 e D2) reduz o investimento inicial e poderá permitir a recuperação rápida os custos através da redução dos encargos anuais de manutenção e consumo de água.

Os cenários mais eficientes, como C e D2, apresentam períodos de retorno inferiores a um ano, refletindo a elevada eficácia da estratégia de diversificação da cobertura vegetal. No caso dos modelos mistos D2 e D3, a conjugação equilibrada de prado biodiverso, arbustos, relvado e materiais inertes assegura uma amortização do investimento num prazo entre sete meses e um ano e meio, intervalo compatível com a gestão municipal e a vida útil esperada dos espaços verdes.

Os resultados confirmam que a viabilidade económica não depende da substituição total de uma tipologia por outra, mas sim da combinação ajustada de coberturas em função das características de uso e do contexto espacial. O relvado continua necessário em áreas de maior pisoteio e lazer, enquanto o prado e os arbustos contribuem para reduzir os encargos hídricos e operacionais, melhorando a qualidade ecológica e o conforto do espaço.

Dada a morfologia do Jardim da Solum e a diversidade de funções previstas, a proposta de requalificação adapta-se localmente. A sua implementação será adaptada localmente, na secção seguinte (3.6.3), em função da exposição solar, da intensidade de utilização e das exigências estéticas e funcionais de cada subzona. O objetivo é assegurar uma composição vegetal adequada ao uso real e à estrutura do espaço, conforme analisado na secção 3.5.2.

Limitações e notas finais

Os valores apresentados resultam de uma estimativa baseada em coeficientes médios de consumo e manutenção, aplicados de forma homogénea a todas as tipologias analisadas. Por opção metodológica, fatores locais como o tipo de solo, a inclinação do terreno, a exposição ao vento e variações microclimáticas não foram incluídos neste cálculo preliminar. Esta simplificação permite uma comparação mais direta e compreensível entre os diferentes cenários, embora em situações reais se possam alcançar resultados ainda mais favoráveis.

De facto, num projeto desenvolvido com maior rigor técnico, existe margem significativa para ganhos adicionais de eficiência. Ajustar os coeficientes especificamente para cada espécie vegetal, selecionar sistemas de rega mais adequados às condições do local, e calibrar detalhadamente o seu funcionamento - frequência, horários e volumes aplicados - são etapas fundamentais para maximizar o desempenho global da intervenção. Neste sentido, o modelo aqui apresentado evidencia claramente o potencial estrutural associado à composição vegetal, mas não substitui a necessidade de ajustes técnicos detalhados e específicos a cada situação.

Contudo, mesmo após a implementação técnica cuidadosa destas soluções, o sucesso real depende fortemente da gestão contínua. Uma manutenção baseada exclusivamente em rotinas fixas, sem a adaptação constante às condições locais e às necessidades dinâmicas das plantas, poderá reduzir significativamente os ganhos inicialmente previstos, limitando o aproveitamento integral das medidas adotadas. Na prática corrente, muitas decisões operacionais ainda se baseiam predominantemente na experiência empírica das equipas responsáveis pela manutenção, sem que exista um controlo rigoroso e regular dos parâmetros técnicos. Esta realidade representa uma limitação concreta para o alcance pleno da eficiência.

Por fim, importa salientar que nenhum tipo de cobertura deve ser analisado individualmente, fora do seu contexto global. O relvado assegura essencialmente funções recreativas e estéticas, os prados permitem uma considerável redução no consumo de água, os arbustos introduzem elementos estruturantes e proporcionam sombra, enquanto os materiais inertes aliviam significativamente os encargos com manutenção. O desafio técnico passa justamente pela combinação criteriosa destas diferentes soluções, garantindo que a poupança de recursos seja conseguida sem comprometer a qualidade visual, funcional e ambiental.

3.6.3 Reorganização Espacial e Seleção de Espécies Vegetais

A proposta apresentada baseia-se no plano funcional desenvolvido a partir da sobreposição dos projetos municipais existentes, dos dados topográficos e das observações de campo realizadas em 2025, tratados em ambiente *AutoCAD*. Essa análise da situação atual confirma diversas fragilidades: o relvado encontra-se degradado, não existem zonas de permanência bem definidas, os percursos criados espontaneamente cortam o espaço em diagonais fora do desenho original, e a zona de *Kiss and Ride* cria pontos de conflito recorrente entre peões e viaturas, sobretudo nas horas de maior afluência.

Para responder a estes problemas, a intervenção começa pela redefinição da malha funcional, passo necessário antes da reestruturação da cobertura vegetal. O novo traçado formaliza os percursos utilizados na prática, delimita margens operacionais na zona *Kiss and Ride*, e aproveita as áreas naturalmente sombreadas para criar pequenos espaços de permanência.

No sector sudeste, propõe-se uma zona infantil em madeira, visível e acessível desde a entrada principal, concebida para acolher jogos e atividades escolares ao ar livre. No sector sudoeste, sob a copa de árvores existentes, está prevista uma zona de piquenique, reforçando o uso social da sombra natural já presente.

Para garantir coerência entre os diferentes usos, todas as zonas foram delimitadas com vegetação arbustiva ou caminhos drenantes, evitando sobreposições funcionais e conflitos de utilização. A reorganização do espaço pode ser observada na Figura 3.14, que articula percursos pedonais, núcleos de permanência e coberturas vegetais.



Figura 3.14 - Planta funcional com proposta de reorganização espacial e coberturas vegetais para o Jardim da Solum

Um objetivo central desta proposta foi a criação de percursos pedonais fluidos e confortáveis, e simultaneamente recuperar o máximo possível da área verde perdida durante as obras da zona *Kiss and Ride*. Nesse sentido, cada setor funcional foi reorganizado para maximizar as áreas permeáveis disponíveis. A nascente, propõe-se a recuperação de áreas atualmente pavimentadas com calçada, aumentando significativamente o espaço permeável. Nos pontos onde raízes das árvores romperam a pavimentação, foram ampliadas significativamente as caldeiras das árvores existentes, melhorando as condições de drenagem e o desenvolvimento vegetal. As áreas adjacentes aos percursos foram estruturadas em “salas verdes» delimitadas por arbustos autóctones, que promovem diferentes experiências visuais e sensoriais.

A área de estacionamento sofreu uma redução moderada de cinco lugares, permitindo o aumento substancial da margem verde envolvente, o que melhora a separação visual em relação ao parque e proporciona maior conforto térmico aos utilizadores. O reposicionamento das cancelas automáticas de acesso também foi planeado de acordo com as novas trajetórias de circulação pedonal, para garantir maior segurança e usabilidade do espaço.

Malha funcional e percursos

A nova estrutura organiza-se em torno de dois eixos principais, orientados a sudoeste-nordeste e sudeste-noroeste, que seguem os trajetos mais utilizados pelos utentes. Estes eixos são complementados por ligações secundárias que se adaptam à topografia e definem zonas informais de estadia. Esta configuração reduz o desgaste da vegetação, facilita a manutenção e respeita os padrões de mobilidade reais.

A ligação entre os setores é feita por caminhos drenantes (Cd), compostos por materiais permeáveis, como saibro estabilizado, gravilha compactada ou pavimento mineral poroso, selecionados por favorecerem a infiltração da água da chuva e por reduzirem o escoamento superficial. Todos os percursos foram projetados com larguras mínimas de um metro nos troços secundários e entre 2 e 2,5 metros nos principais. Estes valores respeitam o Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de agosto [194], que estabelece como limite legal absoluto 0,9 m e define 1,5 m como largura de referência para percursos principais, para garantir conforto, segurança e acessibilidade universal.

O mobiliário urbano foi reorganizado segundo a sombra e os fluxos: bancos, mesas integradas e espreguiçadeiras em madeira substituem blocos de betão. Estes elementos respondem às preferências manifestadas nos inquéritos e distribuem-se por vários setores, garantindo acessibilidade e conforto. Adicionalmente, a iluminação foi reforçada com pontos adicionais de luz LED nas zonas de circulação e permanência, assegurando visibilidade e segurança noturna.

Zonas de estadia e conforto

Nos setores de permanência e recreio, como zona infantil, piquenique e recantos com espreguiçadeiras, optou-se por gravilha solta (Gs), que assegura permeabilidade, conforto térmico e integração visual com os elementos vegetais. Evita-se assim a necessidade de impermeabilização e facilita-se a drenagem.

A proximidade entre circulação automóvel e zonas pedonais, em especial nas zonas de estadia, é mitigada através de margens operacionais constituídas por sebes lineares (Sb). Estas barreiras atuam como zonas-tampão, controlando acessos, orientando movimentos e promovendo infiltração de água nos pontos mais compactados, com recurso a arbustos resistentes como *Phlomis fruticosa*, *Viburnum tinus* ou *Cistus × hybridus*, assegurando separação física e visual sem comprometer ventilação ou vigilância.

No caso específico da zona infantil, procurou-se cumprir o Decreto-Lei n.º 203/2015 de 17 de setembro [195], que determina uma distância mínima face a vias e estacionamento, admitindo exceções quando a velocidade é fisicamente limitada e existem barreiras eficazes. Devido a restrições espaciais, foi alcançado um afastamento real de 7 metros; por este motivo, prevê-se uma barreira vegetal densa, complementada com pequenos postes de madeira e cercas discretas, garantindo proteção física adequada ao uso previsto.

Coberturas do solo e vegetação

Para complementar esta estrutura funcional, propõe-se uma reformulação integral da cobertura vegetal existente, respondendo à necessidade de reduzir manutenção intensiva e consumo hídrico. O prado florido biodiverso (Pf), composto por sementes de herbáceas adaptadas ao clima local, necessita apenas de rega nos primeiros anos e estabiliza-se com pouca manutenção. A sua utilização estende-se pelas zonas abertas a nascente e poente, contribuindo para o aumento da biodiversidade e oferecendo uma dinâmica visual sazonal, além de atrair polinizadores essenciais para o equilíbrio ecológico.

Em todas as zonas não ocupadas por prado florido, optou-se por espécies arbustivas (Ar) e lenhosas de pequeno porte, capazes de suportar longos períodos de seca. Estes arbustos, de baixa manutenção, estruturam visualmente o espaço, criam barreiras naturais, e formam corredores ecológicos nas zonas de maior passagem.

A arborização proposta reforça pontos estratégicos, com três espécies autóctones adaptadas ao contexto urbano. As *Pistacia terebinthus* (Pt) foram escolhidas para as zonas de estadia com bancos e mesas, pela copa leve e irregular que proporciona sombra filtrada sem bloquear a ventilação. As *Phillyrea latifolia* (Pl), de crescimento lento, são usadas para marcar limites, proteger zonas de transição e criar barreiras vegetais contínuas, com baixa manutenção. A *Arbutus unedo* (Au) é utilizada pontualmente como elemento decorativo em áreas de destaque.

A seleção teve em conta a arborização existente e o coeficiente de consumo hídrico (Ks) de cada espécie. Algumas espécies foram repetidas deliberadamente para prolongar alinhamentos estruturais e reforçar a continuidade visual, como no caso das *Tília tomentosa*. A nova arborização complementa a estrutura atual, reforça zonas frágeis e adapta-se aos diferentes usos previstos, evitando conflitos radiculares.

A vegetação selecionada requer manutenção reduzida: alguns cortes ocasionais no prado e podas sazonais nos arbustos são suficientes para manter o equilíbrio ecológico e estético. As necessidades de rega concentram-se apenas nas zonas com

prado florido e novos arbustos, nos dois primeiros anos após a plantação, recorrendo preferencialmente ao sistema gota-a-gota. Após esse período inicial, o espaço torna-se praticamente autossuficiente do ponto de vista hídrico.

Avaliação económica e sustentabilidade

Com base na distribuição final das coberturas no Jardim da Solum - 556,1 m² de prado biodiverso (47%), 432,02 m² de arbustos (36%) e 202,98 m² de inertes (17%), o cenário revela-se particularmente eficiente do ponto de vista económico e hídrico. A ausência de relvado permitiu uma redução de 60,5% nos custos operacionais anuais e uma diminuição de 53,4% no consumo de água, em comparação com o cenário convencional (A1) baseado exclusivamente em relvado.

O custo total anual foi estimado em 893,77 €, o que representa uma poupança de 1.369,37 € por ano em comparação com o modelo homogéneo. Embora o investimento inicial seja mais elevado (26.378 €/1651 m² contra 21.340 €/1651 m² do relvado), o período de retorno do investimento é de apenas 2 anos e 7 meses, o que o torna financeiramente viável num horizonte de curto prazo.

Ao substituir o relvado por soluções mais adequadas ao contexto climático e funcional tal como prado, arbustos autóctones e materiais drenantes, a presente proposta procura melhorar a eficiência ambiental, simplifica a manutenção e favorecer uma gestão mais racional dos recursos públicos. A composição vegetal escolhida poderá adaptar-se às diferentes intensidades de uso e condições de exposição, equilibrando desempenho ecológico, conforto térmico e coerência paisagística.

Com estas alterações, procura-se responder às limitações apontadas pela comunidade, como a carência de sombra, cobertura verde e qualidade ambiental (secção 3.5), traduzindo essas preocupações em orientações práticas. O resultado esperado é um espaço mais funcional, confortável e mais bem preparado para os desafios da gestão urbana.

3.6.4 Integração de Soluções de Drenagem Sustentável (SuDS)

A integração de soluções de drenagem sustentável no Jardim da Solum retoma a lógica desenvolvida na secção anterior. Pavimentos drenantes, margens vegetadas e zonas com prado biodiverso já contribuem para a infiltração da água e ajudam a limitar a escorrência superficial. Estes elementos integram estratégias SuDS ao nível do solo e estabelecem uma base coerente, que pode ser reforçada com estruturas pontuais de retenção e regulação, ajustadas à morfologia do terreno. A partir da topografia irregular e das observações feitas no local, identificaram-se zonas com tendência à acumulação de água, sobretudo em áreas pavimentadas e nas depressões naturais. A reorganização dos percursos e a substituição de superfícies impermeáveis abriram a possibilidade de incluir pequenas soluções de infiltração, discretas, mas eficazes.

A importância desta abordagem é ainda maior tendo em conta que parte do Jardim da Solum coincide com uma zona de risco potencial de inundação, segundo o PDM de Coimbra [196]. A proximidade ao canal do Metro Mondego, cuja capacidade de

escoamento é limitada, confere ainda mais ao jardim uma função adicional como área tampão, contribuindo para mitigar os picos de escorrência e proteger as cotas mais baixas do bairro.

A Figura 3.15 apresenta uma proposta de distribuição dos elementos SuDS, em articulação com a malha de circulação e com a nova estrutura da vegetação.



Figura 3.15 - Integração dos SuDS nas zonas funcionais do Jardim da Solum

Nos prados biodiversos a poente e a nascente, junto aos limites dos caminhos pedonais, propõe-se a criação de microbacias vegetadas temporárias, retendo o excesso de água da chuva sem interferir com o uso do espaço.

Mais a norte, acima da zona de *Kiss and Ride*, o alargamento das caldeiras junto às árvores existentes poderá ser reconvertido numa zona de filtração, recuperando um troço atualmente degradado, com grelha inutilizada e ausência de vegetação funcional. Ao integrar espécies tolerantes à saturação hídrica, esta faixa pode passar numa faixa de infiltração e pré-tratamento da água pluvial, funcionado como barreira ecológica.

No interior da zona de estacionamento, propõe-se a criação de um jardim de chuva fisicamente delimitado por lancis em pedra ou outros elementos resistentes, de modo a evitar a dispersão dos materiais e a proteger as plantas instaladas. Esta proposta decorre da observação direta do canteiro central existente, onde a ausência de margens provocou o desaparecimento das plantas devido ao pisoteio, erosão e dispersão de sedimentos na zona de viragem dos veículos.

Além da função imediata de retenção e infiltração, estruturas propostas abrem a possibilidade de reaproveitamento da água pluvial no futuro. Se tecnicamente viável, os volumes acumulados nas microbacias ou nos jardins de chuva poderão alimentar um circuito secundário de rega, reduzindo a dependência de fontes externas e reforçando a autonomia hídrica do jardim.

3.6.5 Considerações Finais e Perspetivas Futuras para o Jardim da Solum

A reorganização do Jardim da Solum partiu de uma necessidade concreta: recuperar a funcionalidade de um espaço urbano degradado, respondendo aos desafios de consumo hídrico, fragmentação ecológica e pressão infraestrutural. As soluções aplicadas, baseadas em coberturas vegetais mais eficientes, reorganização funcional e drenagem sustentável, demonstraram ser viáveis para reduzir encargos operacionais sem comprometer a usabilidade do espaço.

Os resultados técnicos confirmam esse equilíbrio:

- Eficiência hídrica: redução de 53,4 % no consumo anual de água;
- Redução de custos: diminuição de 60,5 % nos encargos operacionais ($\approx 1\,370$ €/ano);
- Retorno de investimento: período inferior a três anos, mesmo com investimento inicial superior;
- SuDS integrados: pavimentos permeáveis, microbacias e valetas vegetadas mitigaram os picos de escoamento;
- Valorização do espaço: maior conforto térmico, fluidez de circulação e atratividade urbana.

Apesar dos ganhos obtidos, a execução integral da proposta depende em grande medida de um projeto técnico de rega devidamente fundamentado. A simples representação em planta (CAD) sem cálculos específicos não garante eficiência hídrica ou operacional. Por isso, recomenda-se que qualquer intervenção inclua um projeto completo de rega, conforme normas nacionais e europeias, que considere evapotranspiração real (ET_c), coeficientes K_j/K_e, características do solo e distribuição da vegetação. Adicionalmente, a automatização por controlo climático deve permitir ajustes sazonais dinâmicos segundo as condições meteorológicas. Sensores de humidade no solo ou de precipitação, associados a controladores programáveis, poderão possibilitar rega ainda mais precisa e adaptativa. Para tal, sugere-se o uso de sistemas remotos como o IQ4 (*Rain Bird*), que permitem controlo por zonas e deteção de falhas, minimizando desperdícios e intervenções manuais.

Sem um plano de reestruturação multidisciplinar, que integre projeto de rega, manutenção e avaliação periódica, a eficiência esperada poderá ser comprometida por erros operacionais ou rotinas pouco ajustadas. A replicação deste modelo noutros espaços exige mais do que a simples aplicação das mesmas soluções: cada contexto requer leitura cuidadosa da morfologia, dos usos e dos constrangimentos locais. A proposta do Jardim da Solum serve de referência técnica, não de receita fechada.

Em termos estratégicos, a articulação futura com outras zonas verdes, o reaproveitamento de águas pluviais e a manutenção técnica regular devem ser vistos como condições para consolidar os ganhos obtidos. Este projeto não se encerra aqui; antes, abre caminho a uma prática urbana mais rigorosa e adaptativa, focada na eficiência dos recursos e na qualidade efetiva do espaço público.

4 RECOMENDAÇÕES E IMPLEMENTAÇÃO

As propostas apresentadas a seguir visam complementar as ideias previamente discutidas no trabalho, alinhando soluções com a realidade de Coimbra e integrando abordagens tecnológicas, ecológicas e organizacionais para otimizar a gestão da água e a manutenção das áreas verdes. A análise realizada evidencia a necessidade urgente de medidas que promovam a modernização da recolha de dados de consumo, melhorem a coordenação entre as entidades envolvidas e implementem soluções sustentáveis, assegurando uma gestão mais eficiente e coerente dos recursos naturais.

Tecnologia e dados

1. Redução de Perdas na Rede através de Inspeções Regulares

Propõe-se criar uma base de dados integrada com registo detalhado das ativações e desativações das zonas de rega, acessível às equipas operacionais e de engenharia. A monitorização frequente e a comparação com valores históricos permitirão diferenciar consumos reais de perdas constantes, atualmente negligenciadas devido à fiscalização pontual. Este sistema facilita a deteção rápida de ruturas, melhorando a eficiência hídrica e reduzindo custos operacionais.

2. Colaboração com a Águas de Coimbra e Adaptação do Sistema

Sugere-se criar um protocolo que assegure a recolha de dados em tempo quase real, emitindo alertas para consumos anómalos. A plataforma existente deve ser ajustada às necessidades das zonas verdes, permitindo identificar desvios de forma mais rápida e reforçando a capacidade de intervenção em caso de ruturas ou uso excessivo de água. Assim, se um jardim consumir muito acima do esperado, os técnicos seriam avisados imediatamente (via SMS ou email).

3. Criação de uma Base de Dados Operacional

Propõe-se a elaboração de um repositório abrangente sobre os espaços verdes, que inclua áreas (verde, manutenção, rega), sistemas de rega e detalhes como podas, intervenções, consumos de água e ruturas. Esta ferramenta deve estar acessível a todas as equipas técnicas em tempo real, favorecendo o planeamento e permitindo correlacionar consumos e custos. Numa fase posterior, pode ser aberta à participação dos munícipes, fomentando maior transparência e envolvimento social.

4. Monitorização Remota para Deteção de Falhas

Investir em sensores de pressão e humidade, associados a contadores inteligentes, que emitam notificações imediatas em caso de ruturas ou avarias. Desta forma, as equipas podem atuar prontamente, evitando desperdícios prolongados e minimizando o impacto operacional.

Infraestruturas e métodos de rega

1. Reavaliação das Dotações de Rega

A adaptação dos volumes e tempos de rega às necessidades reais exige a consideração de variáveis climáticas, das propriedades do solo e das espécies instaladas. A utilização de cálculos baseados na evapotranspiração permite evitar situações de excessos de água e promove uma gestão mais eficiente e sustentável a médio prazo. Para que essa abordagem seja viável, é indispensável a criação de uma base de dados para cada zona verde, contemplando o tipo de equipamentos instalados, as superfícies irrigadas e a divisão por hidrosetores.

2. Monitorização e Indicadores de Gestão Hídrica

Definir indicadores de desempenho para a rega como litros/m²/mês, perdas identificadas por setor, tempo médio de reparação de ruturas e monitorizá-los com regularidade. Estes dados permitem avaliar o desempenho do sistema e fundamentar decisões de otimização.

3. Aspersores Modernos e Métodos Gota-a-Gota

Recomenda-se a substituição progressiva de emissores antigos por modelos de maior eficiência. Ainda que exija um investimento inicial mais elevado, apresenta retorno a médio prazo, ao reduzir consideravelmente o desperdício e os custos de manutenção. A rega gota-a-gota, mais comum em arbustos, pode também abranger outras espécies, desde que o projeto técnico seja devidamente dimensionado.

4. Maior Rigor Técnico nos Projetos de Rega

Exigir que todos os projetos de rega incluam memória descritiva justificativa, cálculos hidráulicos detalhados, desenhos técnicos completos, setorização por tipologia vegetal e cronogramas de manutenção. As propostas devem ser complementadas por estimativas rigorosas das necessidades hídricas das espécies escolhidas, com definição da frequência, volume e duração da rega para cada setor. Estes elementos devem ser considerados obrigatórios em qualquer novo sistema ou intervenção, assegurando que a solução projetada responde de forma eficiente às condições reais do terreno.

5. Formação contínua dos jardineiros e técnicos de campo

Promover formação contínua para jardineiros e técnicos de campo, com foco em técnicas de rega eficiente, utilização de sensores de solo e clima, sistemas de controlo remoto e atualizações tecnológicas relevantes. A capacitação deve incluir também interpretação de dados operacionais, manutenção preventiva e aplicação prática de abordagens sustentáveis, assegurando maior autonomia e eficácia na gestão diária.

6. Utilização de Sensores de Humidade e Precipitação

Integrar sensores de humidade e/ou de precipitação em pontos estratégicos, para adequar a rega às condições reais do solo e às necessidades das plantas. Assim, reduz-se o risco de aplicação excessiva ou falhas de abastecimento. Esta solução torna o sistema mais responsivo às condições climáticas reais.

7. Modernização dos Sistemas de Rega Automática

Sempre que possível, convém prever sistemas automáticos logo na fase inicial dos projetos, equipados com sensores e conectados a plataformas de monitorização. Esta estrutura facilita ajustes em função dos dados meteorológicos ou da humidade do solo, otimizando a quantidade de água aplicada.

Fontes Alternativas de Água e Infraestruturas Sustentáveis

1. Aproveitamento de Águas Pluviais

Implementar sistemas de captação e armazenamento por exemplo tanques, cisternas e bacias de retenção integrados a SuDS, para aproveitar a água da chuva e reduzir a dependência de água potável. Apostar no aproveitamento de águas pluviais, sobretudo em edifícios públicos, espaços verdes ou complexos de grande dimensão.

2. Integração de SuDS e Infraestruturas Verdes

Ao requalificar espaços existentes ou projetar novos, integrar soluções baseadas na natureza que aumentem a capacidade de retenção e infiltração de água. Recomenda-se instalar, nos pontos mais baixos dos parques ou junto a áreas impermeabilizadas, dispositivos como valas de bio retenção, pavimentos permeáveis, ilhas de vegetação em estacionamento, entre outros. Deve-se dar especial atenção à aplicação destas soluções nos projetos desenvolvidos ao nível das freguesias, onde pequenas intervenções bem planeadas podem ter impactos significativos. Essa colaboração descentralizada garante que as equipas locais compreendam os benefícios de longo prazo das SuDS e saibam operá-las adequadamente.

3. Substituição Progressiva de Água Potável por Águas Residuais Tratadas

Propõe-se iniciar um plano para substituir gradualmente a água potável utilizada na rega por águas residuais tratadas, incluindo a implementação de pequenas ETAR locais para tornar viável essa transição. Com os devidos controlos de qualidade (p. ex. filtragem e monitorização periódica da qualidade da água), esta prática pode aliviar a pressão sobre o abastecimento público, sobretudo nos meses de verão.

Seleção Vegetal e Manutenção

1. Melhoria na Escolha de Espécies Vegetais

Adequar gradualmente a paleta vegetal: substituir relvados ornamentais por prados biodiversos e/ou espécies mediterrânicas em áreas onde essa mudança seja possível, sem comprometer o valor histórico ou paisagístico dos espaços. Esta mudança reduz significativamente a necessidade de água e manutenção, contribuindo para uma gestão sustentável das zonas verdes.

2. Planeamento Urbano Integrado e Consultoria Contínua

Sugere-se o envolvimento direto de especialistas em vegetação, arquitetos paisagistas e urbanistas desde as fases iniciais dos projetos. Este planeamento integrado assegura a seleção de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas de Coimbra, promovendo soluções que conciliem eficiência hídrica e baixos custos de manutenção.

3. Reforço dos Requisitos Contratuais e Controlo de Qualidade

Recomenda-se definir padrões claros de qualidade e prever inspeções frequentes aos trabalhos das empresas prestadoras de serviços. Devem-se contemplar explicitamente aspetos técnicos além dos jurídicos nos contratos, assegurando maior rigor e eficácia na fiscalização. É particularmente importante que os projetos de rega sejam elaborados por técnicos especializados na área, e não por profissionais generalistas com formação apenas em construção civil, garantindo assim a adequação hidráulica e funcional do sistema.

4. Formação em Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e SuDS

Implementar programas de formação em SbN e SuDS para os técnicos municipais e jardineiros. A capacitação em drenagem sustentável, seleção de espécies nativas e novas tecnologias de rega garante que a equipe esteja preparada para aplicar as inovações necessárias. Com conhecimento atualizado, torna-se mais fácil incorporar estas soluções em projetos futuros e garantir que os benefícios perdurem no longo prazo.

5. Integração de Soluções Baseadas na Natureza (SbN)

Aplicar sistemas de drenagem sustentável (SuDS) e vegetação nativa em áreas mais vulneráveis, reforçando a capacidade de retenção de água e a biodiversidade local. Esta prática ajuda a reduzir custos operacionais e a lidar com situações de seca ou precipitação intensa.

6. Colaboração com Freguesias para Expansão de SbN e SuDS

Recomenda-se a integração de SbN e SuDS em novos projetos urbanos através da colaboração com as freguesias, garantindo a compreensão dos seus benefícios a longo prazo. A capacitação técnica e o envolvimento das equipas locais facilitarão a implementação e gestão eficaz dessas soluções sustentáveis.

Envolvimento da Comunidade

1. Sensibilização Pública

Promover ações contínuas de educação ambiental, esclarecendo a população sobre as vantagens da adoção de práticas sustentáveis, como a substituição de relvados intensivos por prados biodiversos/arbustos e a otimização da rega. Iniciativas como campanhas informativas e eventos educativos são essenciais para aumentar a compreensão e o apoio dos cidadãos aos projetos de conservação das áreas verdes. É importante combater a perceção de que reduzir relva ou água significa *degradar* o jardim - pelo contrário, trata-se de o tornar resiliente. A comunicação transparente sobre resultados (divulgando, por exemplo, metas de redução de consumo atingidas) também motiva a população a manter comportamentos colaborativos.

2. Consulta Pública e Participação Ativa

Para garantir que as mudanças implementadas refletem as expectativas e necessidades da comunidade, sugere-se a realização de inquéritos, mesas-redondas e eventos interativos, assegurando que a população tenha espaços de participação com retorno

efetivo. Importa, contudo, fechar o ciclo da participação: garantir que os cidadãos vejam suas contribuições refletidas no projeto final ou obter respostas justificando porque certas ideias não puderam ser adotadas. Mecanismos de *feedback* estruturado fortalecem a confiança - a comunidade sente que vale a pena participar porque há retorno efetivo. Em Coimbra, esta abordagem pode ser articulada pelas Juntas de Freguesia, que estão mais próximas dos habitantes, em colaboração com os técnicos municipais.

3. Participação Comunitária

O estímulo a hortas urbanas em pátios de habitações multifamiliares e a programas de adoção de pequenas áreas verdes fomenta corresponsabilidade entre moradores e entidades. A existência de apoios técnicos e, quando possível, incentivos financeiros, facilita a criação de uma rede de colaboração. Estes mecanismos de interação auxiliam na deteção célere de problemas e na conservação do património verde local.

Estrutura Institucional e Sustentabilidade Financeira

1. Alinhamento com Políticas Municipais

As estratégias já contempladas em documentos como o PENSAARP 2030 devem ser traduzidas em instrumentos de planeamento local, através de regulamentos, planos de gestão de espaços verdes e cadernos técnicos. Estes documentos devem definir metas concretas para zonas verdes mais resilientes ao clima, promovendo a integração de soluções baseadas na natureza e práticas de gestão eficiente da água.

2. Planeamento de recursos e orçamento

A adoção de práticas sustentáveis exige previsões financeiras compatíveis. Apesar do investimento inicial em sensores, sistemas de rega inteligentes ou formação técnica, muitas destas medidas geram retorno a médio prazo, através da redução de custos com água e manutenção corretiva. Recomenda-se a elaboração de planos plurianuais de investimento em espaços verdes, acompanhados de verbas anuais para manutenção preventiva, assegurando a continuidade das ações e evitando falhas dispendiosas.

Aplicabilidade a Outros Contextos Urbanos

As recomendações delineadas, embora elaboradas com base na realidade de Coimbra, possuem carácter universal. Ou seja, os princípios e boas práticas aqui descritos podem ser adaptados e replicados em outros municípios que enfrentem desafios de gestão hídrica em espaços verdes.

A replicação destas soluções noutros contextos deve considerar a capacidade operacional de cada município. Cidades com menos recursos podem adotar gradualmente as medidas, começando pelas *vitórias fáceis* (p. ex., alteração de horários de rega, campanhas de sensibilização, substituição de bocais de aspersores) e evoluindo para intervenções estruturais à medida que angariam investimentos ou apoio externo. Importa frisar que muitas das recomendações geram benefícios económicos a médio prazo - menor conta de água, menos horas de trabalho com reparos, espaços mais resilientes a eventos extremos - o que pode atrair financiamentos (p. ex. fundos ambientais, programas de clima) para a sua expansão.

5 CONCLUSÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A presente secção oferece uma síntese crítica dos resultados alcançados e discute brevemente as implicações futuras do trabalho desenvolvido, sublinhando a ligação entre o diagnóstico inicial, as soluções propostas e a efetiva viabilidade da sua execução.

5.1 Conclusões

Este trabalho permitiu compreender de forma mais concreta os desafios da gestão hídrica nos espaços verdes urbanos de Coimbra, revelando um conjunto de fragilidades operacionais que comprometem a eficiência dos sistemas existentes. Através da análise de registos de consumo, perdas e práticas de manutenção, foi possível demonstrar que, mesmo em zonas centrais da cidade, persistem ineficiências estruturais significativas. Em certos casos, registaram-se perdas superiores a 90 % do volume medido, o que evidencia a necessidade de intervenções mais criteriosas e tecnicamente fundamentadas.

O estudo mostrou que há margem considerável para reduzir o consumo de água sem comprometer a qualidade ecológica ou o uso público dos espaços. A aplicação de coeficientes baseados na evapotranspiração confirmou que, com ajustes simples nas rotinas de rega e uma escolha mais adequada de coberturas vegetais, seria possível obter reduções entre 29 % e 61 % no volume de água utilizado. Esta estimativa foi reforçada pelos resultados do caso-piloto no Jardim da Solum, onde os cenários alternativos à relva tradicional indicaram uma poupança de mais de metade nos consumos e nos custos de manutenção, com retorno económico em menos de três anos.

A abordagem proposta procurou aliar soluções técnicas ao envolvimento da comunidade. A integração da perceção dos utilizadores através dos inquéritos confirmou que há abertura social para mudanças no desenho dos espaços verdes, desde que as soluções sejam bem comunicadas e adaptadas às preferências locais. A inclusão de SuDS, a reorganização do mobiliário urbano e a introdução de espécies mediterrânicas demonstraram ser compatíveis com as expectativas dos frequentadores.

No plano estratégico, o trabalho fornece uma base para orientar decisões futuras, não só para o Jardim da Solum, mas para outras áreas da cidade. Os resultados sustentam a potencial viabilidade de um modelo de gestão mais preciso, mais económico e mais ajustado ao contexto climático. Ao mesmo tempo, reforçam a importância de integrar instrumentos de planeamento com critérios técnicos claros e métricas de monitorização contínua. A transição para uma lógica de gestão preventiva, apoiada por dados, torna-se indispensável para responder aos desafios hídricos que se avolumam.

As recomendações apresentadas podem ser adaptadas a outros contextos urbanos semelhantes, desde que se respeitem as especificidades locais e se realize um diagnóstico prévio similar. A metodologia utilizada, diagnóstico rigoroso, modelação técnica e envolvimento comunitário, constitui um ponto de partida sólido para políticas públicas mais sustentáveis e operacionais.

5.2 Perspetivas e Trabalhos Futuros

Embora os resultados alcançados sejam motivadores, a investigação levanta novas questões e abre espaço para aprofundamentos futuros. Este trabalho representou uma primeira etapa, com objetivos bem definidos e alcance limitado. Para consolidar os dados recolhidos e alargar a sua aplicabilidade, identificam-se várias direções de trabalho a considerar.

Implementação piloto e monitorização contínua

O próximo passo natural será pôr em prática as recomendações num cenário real e acompanhar os resultados. Propõe-se a realização de um projeto-piloto de requalificação do Jardim da Solum, aplicando as medidas desenhadas (remodelação da vegetação, instalação de SuDS, atualização do sistema de rega, etc.). Durante e após a intervenção, deve-se efetuar uma monitorização contínua dos indicadores-chave: consumo de água mensal, estado fitossanitário das plantas, grau de satisfação dos utilizadores e custos de manutenção. Este acompanhamento ao longo de pelo menos um ciclo sazonal completo permitirá verificar na prática os ganhos de eficiência e identificar dificuldades não previstas. Os dados recolhidos serviriam para ajustar as diretrizes (se necessário) antes de escalá-las para outros locais. Adicionalmente, recomenda-se que esta monitorização seja participativa, envolvendo estudantes universitários ou voluntários da comunidade em campanhas de medição e observação, reforçando o laço entre conhecimento científico e cidadania.

Expansão do estudo a outras tipologias de espaços verdes

Este trabalho centrou-se num parque urbano específico e em jardins de bairro. Como trabalho futuro, seria valioso estender a análise a outras tipologias de espaços verdes, como jardins históricos, rotundas ajardinadas, corredores verdes ribeirinhos ou mesmo áreas verdes privadas de grande dimensão (p. ex., parques de instituições). Cada tipologia traz desafios diferentes - um jardim histórico talvez imponha restrições à substituição de espécies; uma rotunda pode ter constrangimentos de segurança rodoviária; as margens de um rio precisam de enfoque na flora ripícola. Avaliar como os princípios de eficiência hídrica podem ser adaptados a esses contextos complementaria o quadro de soluções do município.

Por exemplo, num jardim histórico em Coimbra (como a Quinta das Lágrimas ou Jardim Botânico), estudar-se-ia como manter o valor patrimonial e, simultaneamente, reduzir consumos (possivelmente com rega noturna e sensores discretos). Em suma, testar a flexibilidade das recomendações em variados cenários daria confiança para uma aplicação generalizada.

Avaliação económica e modelo de custos-benefícios

Outra vertente a aprofundar é a análise económica detalhada das medidas propostas. Embora se espere redução de custos operacionais com poupança de água e manutenção, é importante quantificar o investimento inicial necessário e o retorno esperado. Trabalhos futuros podem desenvolver um modelo de custo-benefício para

a cidade: por exemplo, calcular em quanto tempo a instalação de sensores se paga com a redução de desperdícios, ou qual a poupança anual ao substituir X metros quadrados de relva por prado. Este tipo de estudo, aliado à possível contabilização de serviços ecossistémicos gerados (melhor infiltração, aumento da biodiversidade, sequestro de carbono por novas árvores), pode fornecer argumentos sólidos aos decisores políticos e financeiros para apoiar a implementação das medidas em larga escala. Poder-se-ia ainda investigar mecanismos de financiamento inovadores, como parcerias público-privadas ou candidaturas a fundos europeus verdes, usando os dados deste trabalho como base.

Refinamento técnico e investigação aplicada

No domínio técnico-científico, há várias perguntas suscitadas que merecem investigação adicional. Uma delas é o desempenho a longo prazo das espécies nativas escolhidas: seria útil conduzir um acompanhamento botânico e ecológico nos espaços intervencionados para verificar taxas de sobrevivência, necessidades de poda, eventual proliferação de pragas, etc., comparando com as espécies convencionais. Outra é a qualidade da água de reúso: caso Coimbra avance com projetos de rega com água residual tratada, será necessário monitorizar parâmetros como nutrientes e sais no solo, para garantir que não há acumulação prejudicial, essa monitorização poderia ser tema de estudo em parceria com a universidade local. Também a integração de novas tecnologias pode ser explorada: por exemplo, testar algoritmos de inteligência artificial que, alimentados por dados meteorológicos e do solo, sugiram automaticamente ajustes ótimos de rega em cada espaço verde. Estas investigações aplicadas serviriam para afinar e otimizar ainda mais as soluções propostas, mantendo Coimbra na dianteira da inovação.

Escalabilidade e replicação noutras cidades

Por fim, sugere-se como trabalho futuro avaliar a transferibilidade do modelo desenvolvido para outras cidades de dimensão e clima semelhantes. Poderia ser interessante realizar projetos colaborativos com municípios vizinhos ou da região Centro, aplicando a metodologia de diagnóstico + caso prático + participação comunitária para elaborar planos locais de gestão hídrica de espaços verdes. Essa replicação serviria de teste à robustez das recomendações: confirmaria quais medidas funcionam universalmente e quais precisam ser ajustadas a realidades distintas (outro tipo de solo, estrutura institucional diferente, etc.). Em particular, cidades médias portuguesas ou espanholas com clima mediterrânico (como Évora, Braga ou Salamanca, por exemplo) seriam candidatas naturais. A troca de experiências entre Coimbra e essas localidades, através de redes temáticas ou programas (como uma iniciativa intermunicipal de *Jardins Resilientes*), poderia acelerar a adoção de boas práticas e gerar uma base de dados comum de resultados e aprendizados. A longo prazo, isso contribui para uma estratégia de espaços verdes sustentáveis, alinhada com as políticas de adaptação às alterações climáticas e gestão eficiente da água.

6 ENQUADRAMENTO DA ENTIDADE DE ACOLHIMENTO E ATIVIDADES DE ESTÁGIO

Entidade de Acolhimento

A Câmara Municipal de Coimbra (CMC) é o órgão executivo responsável pela gestão do concelho; a sua estrutura organiza-se em vários departamentos para melhorar as condições diárias dos habitantes e promover um crescimento urbano equilibrado e inovador.

No contexto deste estágio, fui integrada no Departamento de Espaço Público, Mobilidade e Trânsito, dirigido pelo Eng.º Luís Miguel dos Santos Costa. O estágio decorreu de 8 de novembro de 2024 a 14 de maio de 2025, nas instalações da Rua da Sofia, 47. O horário integral (09:00-17:30, com pausa de almoço) facilitou a inserção na rotina do serviço e permitiu acompanhar processos administrativos e saídas de campo sem interrupções relevantes.

Objetivos e Atividades Desenvolvidas

Durante os seis meses de estágio, as atividades incidiram na gestão hídrica dos espaços verdes municipais. Foram analisados vinte parques, subdivididos em cerca de sessenta secções, que totalizam 35 409 m². Para além da rega, da vegetação e da manutenção, observei o dia-a-dia das equipas no terreno, e procedeu-se à recolha de séries de consumo e registos de manutenção referentes aos últimos três a cinco anos, fornecidos pela autarquia; esse material permitiu-me criar uma base de dados própria.

Mantive também colaboração direta com entidades externas. Nas instalações da Águas de Coimbra aprofundi o conhecimento dos procedimentos de monitorização e importei leituras horárias provenientes da telemetria, o que me permitiu avaliar a fiabilidade dos dados e compreender os limites atuais. Com a empresa Jardim Mondego, responsável por parte da manutenção municipal, acompanhei um turno completo para compreender, na prática, as restrições de rega e consolidar conhecimentos teóricos. Participei igualmente em formações online sobre as soluções mais recentes da Rain Bird.

Para captar a perceção dos utilizadores finais, realizei entrevistas com residentes, professores e direções escolares e lancei inquéritos, o que me permitiu constatar que as expectativas da comunidade muitas vezes divergem das prioridades dos decisores municipais. Para completar o retrato, solicitei projetos e documentação técnica a arquitetos paisagistas, jardineiros, técnicos de rega e engenheiros das zonas verdes. Também colaborei com o INE e o IPMA para recolher séries estatísticas e dados meteorológicos que fundamentaram a análise. Este conjunto de contributos de campo demonstrou que apenas uma abordagem multidisciplinar torna possível otimizar a rega e gerir eficazmente as infraestruturas verdes.

Resultados e Competências Adquiridas

Nas fases de tratamento, visualização e desenho das propostas, trabalhei com *Excel*, *QGIS*, *Tableau* e *AutoCAD*. Embora não tenha sido possível lançar um piloto durante o estágio, estruturei um conjunto de registos inexistente até então, desenvolvi a metodologia de um modelo que estima as necessidades de rega a partir da evapotranspiração de referência (ET_0), calculei cenários de seleção de coberturas vegetais com respetivo tempo de retorno e elaborei vários cadernos de cálculo prontos a usar. Elaborei ainda esboços de intervenção para o Jardim da Solum; falta, porém, validá-los num ciclo anual completo. Apresentei um conjunto de recomendações fundamentadas em dados locais e análise prática. No capítulo 4 do trabalho explico o grau de complexidade das propostas daí resultantes.

Mesmo sem aplicação em campo, o estágio fortaleceu as minhas competências em análise de dados, programação e cartografia, além de reforçar a competência para conciliar interesses diferentes.

Reflexão Crítica e Perspetivas Futuras

A experiência do estágio permitiu testar na prática o que aprendi na teoria, revelando que, apesar da importância da sustentabilidade e da eficiência no uso da água, a aplicação de tais princípios enfrenta limitações orçamentais, resistência a mudanças estruturais e constrangimentos normativos. A orientação do Eng.º Luís Miguel dos Santos Costa ajudou-me a compreender estas dinâmicas e a fundamentar formas de alinhar os objetivos sustentáveis com as exigências administrativas.

Do ponto de vista pessoal e profissional, o estágio reforçou a minha capacidade de análise, o raciocínio crítico e as competências de resolução de problemas. Assim, a passagem pelo Departamento de Espaço Público, Mobilidade e Trânsito da Câmara Municipal de Coimbra constituiu uma experiência formativa completa, possibilitando a aplicação prática de conhecimentos académicos e proporcionando uma compreensão aprofundada dos desafios e oportunidades na gestão sustentável de espaços urbanos e na eficiência hídrica. Esta experiência oferece uma base sólida para futuras contribuições no campo da sustentabilidade urbana e da gestão de recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] US Geological Survey, "How much water is there on Earth?" [Online]. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [2] Our World in Data, "Water Use & Stress," [Online]. Disponível em: <https://ourworldindata.org/water-use-stress> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [3] United Nations, DESA, Population Division, *World Population Prospects 2024: Probabilistic Projections*, 2024. [Online]. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/graphs?loc=900&type=Demographic%20Profiles&category=Line%20Charts> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [4] United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), *World Cities Report 2024: Cities and Climate Action*. Nairobi, Kenya: UN-Habitat, 2024. [Online]. Disponível em: <https://unhabitat.org/wcr/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [5] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Country Profiles*. [Online]. Disponível em: <https://population.un.org/wup/countryprofiles?country=Portugal> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [6] Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., *Relatório do Estado do Ambiente 2024*, Out. 2024. [Online]. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [7] E. Santos, "Are Climate Change Strategies Effective in Managing Urban Water Resources? The Case of Portugal" *Sustainability*, vol. 16, no. 22, art. no. 9664, 6 de nov. de 2024. doi: 10.3390/su16229664.
- [8] Ambiente e Energia e Agricultura e Pescas, "Despacho n.º 7821/2024," *Diário da República*, Série II, n.º 136, 16 de jul. de 2024. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/7821-2024-872108077> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [9] ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal - RASARP 2024, Volume 1*. Lisboa: ERSAR, 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.ersar.pt/pt/publicacoes/relatorio-anual-do-setor> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [10] L. Monteiro, P. Pissarra, e M. P. Mendes, "Rega de espaços verdes urbanos com água para reutilização: o que esperar?" *Revista Recursos Hídricos*, vol. 42, no. 1, pp. 25-29, Mar. 2021, doi: 10.5894/rh42n1-cti3.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2023 Synthesis Report*. [Online]. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [12] I. D. Stewart and J. A. Voogt, "Urban Heat Islands," *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 29 de nov. de 2024, doi: 10.1016/B978-0-323-96026-7.00149-1.
- [13] S. Tong, J. Prior, G. McGregor, X. Shi, and P. Kinney, "Urban heat: an increasing threat to global health" *BMJ*, vol. 375, Out. 2021, Art. no. n2467, doi: 10.1136/bmj.n2467.
- [14] USGS, "Urban Heat Islands," Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, 2019. [Online]. Disponível em: <https://usgs.gov/media/images/urban-heat-islands> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [15] B. Feng, Y. Zhang, and R. Bourke, "Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models" *Natural Hazards*, vol. 106, pp. 613-627, Jan. 2021, doi: 10.1007/s11069-020-04480-0.
- [16] M. J. M. G. Pereira, L. F. S. Fernandes, E. M. B. Macário, S. M. Gaspar, and J. G. Pinto, "Climate Change Impacts in the Design of Drainage Systems: Case Study of Portugal" *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 141, no. 2, 2014, doi: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000788.
- [17] Instituto Nacional de Estatística, I.P., *Censos 2021: Resultados Definitivos - Portugal*. Lisboa, Portugal: INE, 2022, p. 14. [Online]. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=585793364&att_display=n&att_download=y [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [18] CCDR LVT, "Apoio para Municípios Afetados pelas Cheias e Inundações," [Online]. Disponível em: https://ccdr-lvt.pt/apoios_incentivos/apoios_autarquias_locais/apoio-municipios-afetados-cheias-inundacoes/ [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [19] Lusa, "Inundações de dez. causaram 185 milhões de prejuízos na zona de Lisboa," *ECO* [Online]. Disponível em: <https://eco.sapo.pt/2023/01/17/inundacoes-de-dezembro-causaram-185-milhoes-de-prejuizos-na-zona-de-lisboa> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [20] Agência Portuguesa do Ambiente, "Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP2030)" *Agência Portuguesa do Ambiente*, 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/index.php/agua/pensaarp2030> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [21] R. C. Dias, D. G. Vidal, P. C. Seixas, and R. L. Maia, "Os espaços verdes e as preocupações com a sustentabilidade nos Planos Diretores Municipais de 3ª geração" *Cidades, Comunidades e Territórios*, no. 41, pp. 44-70, dez. 2020, doi: 10.15847/cct.19810.
- [22] M. Feltynowski, "Urban green spaces in land-use policy - types of data, sources of data and staff - the case of Poland" *Land Use Policy*, vol. 127, art. no. 106570, 8 de fev. de 2023, doi: 10.1016/j.landusepol.2023.106570.
- [23] European Environment Agency, "Urban Green Infrastructure Management: A Key Strategy for Climate Change Adaptation in Mediterranean Cities" *Climate ADAPT*, Out. 4, 2024. [Online]. Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/solutions/mission-stories/urban-green-infrastructure-story-18>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [24] Câmara Municipal de Coimbra, *Relatório sobre o Estado do Ordenamento do Território (REOT)*, Dez. 2022. [Online]. Disponível em: <https://www.cm-coimbra.pt/areas/viver/urbanismo/ordenamento-do-territorio/relatorio-sobre-o-estado-do-ordenamento-do-territorio-reot> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [25] Direção-Geral do Território, "Carta Administrativa Oficial de Portugal, versão em vigor (2023)," *Direção-Geral do Território*, [Online]. Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [26] Câmara Municipal de Coimbra, "Edital n.º 219/2024: Plano Municipal de Ação Climática de Coimbra (PMAC-C)" *Câmara Municipal de Coimbra*, 2024. [Online]. Disponível em: https://www.cm-coimbra.pt/wp-content/uploads/2024/08/Edital-N.o-219_2024.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [27] Instituto Nacional de Estatística, "Estimativas anuais da população residente" *Instituto Nacional de Estatística*, 2023. [Online]. Disponível em:

- https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008273&xlang=pt [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [28] Câmara Municipal de Coimbra, *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (2018-2027)*, Caderno I, Coimbra, Portugal, abr. 2018. [Online]. Disponível em: https://fogos.icnf.pt/pmdfci/06_Coimbra/0603/3G/Caderno_I/PMDFCI_0603_Coimbr a_CADERNO_I.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [29] Instituto Português do Mar e da Atmosfera, "Monitorização do clima," *IPMA*, [Online]. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/monitorizacao/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [30] A. Gómez-Gonçalves, C. Costa, and P. Santana, "Acessibilidade e utilização dos espaços verdes urbanos nas cidades de Coimbra (Portugal) e Salamanca (Espanha)" *Finisterra*, vol. XLIX, no. 97, pp. 49-68, Jul. 2014, doi: 10.18055/Finis4207.
- [31] Câmara Municipal de Coimbra, *Relatório Ambiental - Plano Diretor Municipal - 1ª Revisão*, Coimbra, Portugal, 2014. [Online]. Disponível em: https://www.cm-coimbra.pt/wp-content/uploads/2022/02/Relatorio_Ambiental_RNT.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [32] Metro Mondego, "MetroBus: Sistema de transporte público rodoviário elétrico e em canal dedicado," *Oficial Site of the Metro Mondego Project*, [Online]. Disponível em: <https://www.metromondego.pt/pt/metrobus>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [33] A. Ornelas, A. Cordeiro e J. M. Lameiras, "Thermal Comfort Assessment in Urban Green Spaces: Contribution of Thermography to the Study of Thermal Variation between Tree Canopies and Air Temperature" *Land*, vol. 12, no. 8, art. no. 1568, 8 de agosto de 2023, doi: 10.3390/land12081568
- [34] A. M. Rochette Cordeiro, A. Ornelas e D. D. Silva, "The importance of topography in the formation of cold-air pooling in urban spaces: The example of the city of Coimbra (Portugal)" *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 152, pp. 227-239, 2023, doi: 10.1007/s00704-023-04226-1
- [35] A. Cordeiro, A. Ornelas e J. M. Lameiras, "The Thermal Regulator Role of Urban Green Spaces: The Case of Coimbra (Portugal)" *Forests*, vol. 14, no. 12, art. no. 2351, 29 de dezembro de 2023, doi: 10.3390/f14122351
- [36] C. Mateus, L. Cunha e P. Nossa, "Ondas de calor e ondas de frio em Coimbra: impactes na mortalidade da população" in *XIV Colóquio Ibérico de Geografia*, vol. I, Guimarães, Portugal, jan. 2014, doi: 10.13140/RG.2.1.3163.0167
- [37] Assembleia da República, *Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro - Lei de Bases do Clima*, *Diário da República*, n.º 253, Série I, pp. 5-32, 31 de dez. de 2021. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/98-2021-176907481> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [38] Câmara Municipal de Coimbra, "Executivo aprova projeto da Metro Mondego para floresta urbana na ribeira do Vale das Flores," 12 de dez. de 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.coimbra.pt/2023/12/executivo-aprova-projeto-da-metro-mondego-para-floresta-urbana-na-ribeira-do-vale-das-flores/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [39] Município de Odivelas, "Regulamento n.º 901/2023 - Regulamento de Espaços Verdes, Parques e Jardins," *Diário da República*, n.º 157/2023, Série II, pp. 270-298, 14 de ago. de 2023. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/regulamento/901-2023-219919570>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

- [40] United Nations, *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, 1987. [Online]. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [41] United Nations, *Sustainable Development Goals*, [Online]. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [42] United Nations Framework Convention on Climate Change, *Paris Agreement (COP21)*, 2015. [Online]. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [43] European Commission, *EU Biodiversity Strategy for 2030*, 2020. [Online]. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [44] H. Q. Yoong, K. Y. Lim, L. K. Lee, N. A. Zakaria, и K. Y. Foo, "Sustainable Urban Green Space Management Practice" *Proceedings of the Conference*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320344911_SUSTAINABLE_URBAN_GREEN_SPACE_MANAGEMENT_PRACTICE [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [45] European Commission, "Nature-based solutions" *European Commission - Research and Innovation*, [Online]. Disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [46] Climate-ADAPT, "*Urban green and blue infrastructure planning*" [Online]. Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-areas> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [47] J. Bush and A. Doyon, "Building urban resilience with nature-based solutions: How can urban planning contribute?", *Cities*, vol. 95, p. 102483, 2019, doi: 10.1016/j.cities.2019.102483.
- [48] L. V. Pinto, M. Inácio, e P. Pereira, "Green and blue infrastructure (GBI) and urban nature-based solutions (NbS) contribution to human and ecological well-being and health," *Oxford Open Infrastructure and Health*, vol. 1, pp. 1-14, 2023. doi: 10.1093/ooih/ouad004.
- [49] P. J. Ramisio, R. S. Brito, and P. Beceiro, "Accessing Synergies and Opportunities between Nature-Based Solutions and Urban Drainage Systems" *Sustainability*, vol. 14, no. 24, p. 16906, Dec. 2022, doi: 10.3390/su142416906.
- [50] B. Chen and S. Hashimoto, "Integrate brownfield greening into urban planning: A review from the perspective of ecosystem services" *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 104, p. 128642, Fev. 2025, doi: 10.1016/j.ufug.2024.128642.
- [51] G. Rey-Gozalo, J. M. Barrigón Morillas, D. Montes González, et al., "Influence of green areas on the urban sound environment" *Curr. Pollution Rep.*, vol. 9, no. 6, pp. 746-759, Dec. 2023, doi: 10.1007/s40726-023-00284-5.
- [52] C. N. Hewitt, K. Ashworth, and A. R. MacKenzie, "Using green infrastructure to improve urban air quality (GI4AQ)" *Ambio*, vol. 49, pp. 62-73, Jan. 2020, doi: 10.1007/s13280-019-01164-3.
- [53] Y. Barwise and P. Kumar, "Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: A practical review for appropriate plant species selection" *npj Clim. Atmos. Sci.*, vol. 3, no. 12, Mar. 26, 2020, doi: 10.1038/s41612-020-0115-3.
- [54] C. P. Muerdter, C. K. Wong, and G. H. LeFevre, "The role of vegetation in bioretention for stormwater treatment in the built environment: Pollutant removal, hydrologic function, and

- ancillary benefits" *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, vol. 4, pp. 592-612, Mar. 27, 2018, doi: 10.1039/C7EW00511C.
- [55] M. F. J. Aronson, C. A. Lepczyk, K. L. Evans, M. A. Goddard, S. B. Lerman, J. S. MacIvor, C. H. Nilon, and T. Vargo, "Biodiversity in the city: Key challenges for urban green space management" *Front. Ecol. Environ.*, vol. 15, no. 9, pp. 501-509, 2017, doi: 10.1002/fee.1480.
- [56] S. Gill, J. F. Handley, R. Ennos, and S. Pauleit, "Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure" *Built Environ.*, vol. 33, no. 1, pp. 115-133, Mar. 2007, doi: 10.2148/benv.33.1.115.
- [57] T. S. Terkenli, S. Bell, O. Tošković, J. Dubljević-Tomićević, T. Panagopoulos, I. Straupe, K. Kristianova, L. Straigyte, L. O'Brien, and I. Živojinović, "Tourist perceptions and uses of urban green infrastructure: An exploratory cross-cultural investigation" *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 49, 126624, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.ufug.2020.126624.
- [58] E. Bunch, "Being outside is good for your body and mind - here's why," *PopSugar*, 19 de ago. de 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.popsugar.com/fitness/health-benefits-being-outside-49323570>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [59] P.-Y. Nguyen, T. Astell-Burt, H. Rahimi-Ardabili, and X. Feng, "Green space quality and health: A systematic review" *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 21, art. no. 11028, Oct. 20, 2021, doi: 10.3390/ijerph182111028.
- [60] Goyder Institute for Water Research, "The importance of irrigated urban green space: health and recreational benefits perspectives" Technical Report Series No. 14/2, 2023. [Online]. Disponível em: https://goyderinstitute.org/wp-content/uploads/2023/04/goyder_trs_14-2_irrigated_urban_green_space.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [61] A. Milvoy and A. Roué Le Gall, "Les questions à se poser pour aménager des espaces de jeux favorables à la santé" *La Santé en Action*, vol. 434, pp. 38-39, 2015. [Online]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317767128>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [62] QGIS Development Team, "QGIS: A Free and Open-Source Geographic Information System," [Online]. Disponível em: <https://qgis.org/> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [63] Esri, "ArcGIS: Geographic Information System for Data Mapping and Analysis," [Online]. Disponível em: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-solutions/latest/reference/introduction-to-irrigation-system-data-management.htm> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [64] i-Tree Tools, "i-Tree Eco: Tool for Quantifying Ecosystem Services," [Online]. Disponível em: <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco/i-tree-eco-overview> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [65] Center for Advancing Research in Transportation Emissions, Energy, and Health (CARTEEH), "GreenUr: Tool for Urban Green Space and Health Analysis," [Online]. Disponível em: <https://www.carteeh.org/tool/greenur-tool/> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [66] R3 GIS, "Greenspaces: Software for Urban Green Area Management," [Online]. Disponível em: <https://www.r3gis.com/greenspaces/> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [67] E2O.Green, "Smart Solutions for Green Space Management," [Online]. Disponível em: <https://e2o.green/> [Acesso em: 14 de jan. de 2025].
- [68] F. Sánchez-Sutil and A. Cano-Ortega, "Smart control and energy efficiency in irrigation systems using LoRaWAN" *Sensors*, vol. 21, no. 21, p. 7041, Oct. 2021, doi: 10.3390/s21217041.

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [69] D. Sousa et al., "IoT sensing for precision agriculture" in *2023 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, Atlanta, GA, USA, Mar. 2023, doi: 10.1109/PerComWorkshops56833.2023.10150229.
- [70] A. Glória et al., "Water Management for Sustainable Irrigation Systems Using Internet-of-Things" *Sensors*, vol. 20, no. 5, p. 1402, Mar. 2020, doi: 10.3390/s20051402.
- [71] A. Aldegheishem et al., "SWAP: Smart water protocol for the irrigation of urban gardens in smart cities" *IEEE Access*, Apr. 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3165579.
- [72] Weerproof, "Ben jij al Weerproof?" [Online]. Disponível em: <https://weerproof.nl/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [73] Buurtgroen020, "Samen maken we Amsterdam groener," [Online]. Disponível em: <https://buurtgroen020.nl/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [74] P. Donkersley, S. Witchalls, E. H. Bloom e D. W. Crowder, "A little does a lot: Can small-scale planting for pollinators make a difference?", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 343, p. 108254, 28 de fev. de 2023, doi: 10.1016/j.agee.2022.108254.
- [75] Xerces Society, "Bring Back The Pollinators," [Online]. Disponível em: <https://xerces.org/bring-back-the-pollinators> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [76] Natuur & Milieu Team Zuid, "Maak een tuintje onder een boom! Adopteer een buurtboomtuint," [Online]. Disponível em: <https://nmtzuid.nl/project/buurtboomtuin/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [77] Weerproof, "Daktuin IDverde," [Online]. Disponível em: <https://weerproof.nl/project/daktuin-idverde/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [78] Bloei & Groei, "Locaties van onze tuinen," [Online]. Disponível em: <https://bloeiengroei.org/tuinieren/#healing> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [79] H. James Harrington, *Area Activity Analysis: Aligning Work Activities and Measurements to Enhance Business Performance*, McGraw-Hill Book Company, 1999. [Online]. Disponível em: <https://libquotes.com/h-james-harrington/quote/lbz5f8r> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [80] Câmara Municipal de Bragança, *Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes*, Bragança: Câmara Municipal, 2010, 175 p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/2929/1/ManualBoasPraticasFINAL.pdf>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [81] F. Canales-Ide, S. Zubelzu e L. Rodríguez-Sinobas, "Irrigation systems in smart cities coping with water scarcity: The case of Valdebebas, Madrid (Spain)," *Journal of Environmental Management*, vol. 247, pp. 187-195, 2019. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.06.062.
- [82] M. M. Brito e I. M. Mourão, *Manual de Boas Práticas: Desenho e Gestão de Espaços Verdes em Cenário de Alterações Climáticas*, 1ª ed. Cascais, Portugal: EMAC - Empresa Municipal de Ambiente de Cascais, abr. 2019. [Online]. Disponível em: https://ambiente.cascais.pt/sites/default/files/anexos/manual_boas_praticas_espacos_verdes_alteracoes_climaticas.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [83] Colorado State University Extension, *Soils, Fertilizers, and Soil Amendments: Garden Notes for Colorado Master Gardener and Colorado Gardener Certificate Training*, 2024. [Online]. Disponível em: <https://cmg.extension.colostate.edu/wp-content/uploads/sites/59/2024/10/2024-Garden-Notes-Complete-Set.pdf> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [84] Rain Bird, "Five Keys to Creating an Optimum Irrigation Schedule," 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.rainbird.com/media/4016>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

- [85] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes e M. Smith, *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, capítulo 2. Roma: FAO, 1998. [Online]. Disponível em: <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e06.htm> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [86] FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, *CropWat: A Computer Program for Irrigation Planning and Management*, versão 8.0. Roma: FAO. [Online]. Disponível em: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/> [Acesso em: 3 de abr. de 2025].
- [87] R. Ávila Alabarces (coord.), *Manual de riego de jardines: guión didáctico para el profesorado*, 1.^a ed. Sevilla, Espanha: Junta de Andalucía, 2004. ISBN: 84-8474-106-0.
- [88] Rain Bird, "Sobre a Rain Bird," 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.rainbird.com/pt-pt/empresa/sobre-rain-bird> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [89] Adobe Stock, plataforma de conteúdo visual. [Online]. Disponível em: <https://stock.adobe.com> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [90] Rain Bird Corporation, *Catálogo Internacional de Produtos de Rega de Espaços Verdes*, edição 2023. Azusa, CA, EUA: Rain Bird. [Online]. Disponível em: https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2023-01/2023_intl_turf_catalog_pt_hqpc.pdf [Acesso em: 11 de abr. de 2025].
- [91] Hunter Industries, *Product Catalog - Volume 40*, edição 2023. San Marcos, CA, EUA: Hunter Industries. [Online]. Disponível em: https://www.hunterirrigation.com/sites/default/files/Hunter_Catalog_US.pdf [Acesso em: 11 de abr. de 2025].
- [92] M. Şahin, "Potential Use of Subsurface Drip Irrigation Systems in Landscape Irrigation under Full and Limited Irrigation Conditions" *Sustainability*, vol. 15, no. 20, art. no. 15053, 19 de out. de 2023. doi: 10.3390/su152015053
- [93] A. H. Orta, M. Todorovic e Y. Ahi, "Cool- and Warm-Season Turfgrass Irrigation with Subsurface Drip and Sprinkler Methods Using Different Water Management Strategies and Tools," *Water*, vol. 15, no. 2, art. no. 272, 9 de jan. de 2023. doi: 10.3390/w15020272
- [94] W. R. Adams e K. T. Zeleke, "Diurnal effects on the efficiency of drip irrigation" *Irrigation Science*, vol. 35, pp. 141-157, 2017. doi: 10.1007/s00271-016-0529-1.
- [95] Washington State Department of Ecology, "Determining Irrigation Efficiency and Consumptive Use" Pub. 20-11-076, Mar. 2024. [Online]. Disponível em: <https://apps.ecology.wa.gov/publications/summarypages/2011076.html>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [96] K. M. Shurtz, E. Dicataldo, R. B. Sowby e G. P. Williams, "Insights into efficient irrigation of urban landscapes: Analysis using remote sensing, parcel data, water use, and tiered rates," *Sustainability*, vol. 14, no. 1427, 2022. doi: 10.3390/su14031427.
- [97] RUSKIN.RU, "Проектирование автополива", Ruskin Design Studio, Krasnodar, Rússia, 2024. [Online]. Disponível em: <https://ruskin.ru/blog/proektirovanie-avtopoliva/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [98] I. Oliveira, F. Nunes e J. Mendes, *O Projecto da Rede de Rega - Para que Serve e Quais as Vantagens*, Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Portugal, 2023. [Online]. Disponível em: https://www.ordemdosengenheiros.pt/fotos/editor2/eventos/colagro_o_projecto_rede_rega.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [99] C. Przybyła, D. Kayzer e R. Gulczyński, "The water needs of urban green areas" *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Land Reclamation*, vol. 48, no. 1, pp. 13-26, 2016. doi: 10.1515/ssgw-2016-0002
- [100] B. Da Mota, B. Mataloto, and C. Coutinho, "Sustainable gardens for smart cities using low-power communications" in *2022 IEEE ICE/ITMC & IAMOT Conference*, 2022, doi: 10.1109/ICE/ITMC-IAMOT55089.2022.10033155.
- [101] S. Senthil Kumar, C. Bibin, K. Akash, K. Aravindan, M. Kishore, and G. Magesh, "Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach" *Materials Today: Proceedings*, vol. 33, no. 1, pp. 303-307, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.092.
- [102] S. Orts-Grau et al., "Photovoltaic Water Pumping: Comparison Between Direct and Lithium Battery Solutions" *IEEE Access*, vol. 9, pp. 101147-101163, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3097246.
- [103] M. Pérez-Sánchez, F. J. Sánchez-Romero, H. M. Ramos, and P. A. López-Jiménez, "Energy recovery in existing water networks: Towards greater sustainability" *Water*, vol. 9, no. 2, p. 97, 2017, doi: 10.3390/w9020097
- [104] N. Sales, O. Remédios, and A. Arsenio, "Wireless sensor and actuator system for smart irrigation on the cloud" in *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Milan, Italy, dez. 2015, doi: 10.1109/WF-IoT.2015.7389138.
- [105] Royaleijkelkamp, "The LoRa Soil Moisture Monitoring Network in The Hague: Insightful, Wireless and Inexpensive" [Online]. Disponível em: <https://www.royaleijkelkamp.com/projects/the-lora-soil-moisture-monitoring-network-in-the-hague-insightful-wireless-and-inexpensive/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [106] Rain Bird, *IQ4 - Controlo central modular para vários locais*. [Online]. Disponível em: https://www.rainbird.com/pt-pt/products/iq4#tablist_description_0 [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [107] Rain Bird, *Programador Inteligente RC2 - Maximize o controlo e a produtividade*. [Online]. Disponível em: <https://www.rainbird.com/pt-pt/products/programador-inteligente-rc2>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [108] V. Cheimaras et al., "Emergency communication system based on wireless LPWAN and SD-WAN technologies: A hybrid approach" *Signals*, vol. 4, no. 2, pp. 315-336, Apr. 2023, doi: 10.3390/signals4020017.
- [109] M. A. M. Almuhaaya et al., "A survey on LoRaWAN technology: Recent trends, opportunities, simulation tools and future directions" *Electronics*, vol. 11, no. 1, p. 164, Jan. 2022, doi: 10.3390/electronics11010164.
- [110] M. Islam et al., "Future industrial applications: Exploring LPWAN-driven IoT protocols" *Sensors*, vol. 24, no. 8, p. 2509, Apr. 2024, doi: 10.3390/s24082509.
- [111] D. Kanellopoulos et al., "Networking architectures and protocols for IoT applications in smart cities: Recent developments and perspectives" *Electronics*, vol. 12, no. 11, p. 2490, May 2023, doi: 10.3390/electronics12112490.
- [112] The Things Network Coimbra, "Community of The Things Network in Coimbra" [Online]. Disponível em: <https://www.thethingsnetwork.org/community/coimbra/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

- [113] R. Duić Rodić, T. Županović, T. Perković, P. Šolić, and J. J. P. Rodrigues, "Machine learning and soil humidity sensing: Signal strength approach" *ACM Trans. Internet Technol.*, vol. 22, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.1145/3418207.
- [114] Z. Chang, F. Zhang, J. Xiong, J. Ma, B. Jin, and D. Zhang, "Sensor-free soil moisture sensing using LoRa signals" *Proc. ACM Interactive, Mobile, Wearable Ubiquitous Technol.*, vol. 6, no. 2, Art. 45, pp. 1-27, 2022, doi: 10.1145/3534608.
- [115] C. Bragalli, M. Neri, e E. Toth, "Effectiveness of smart meter-based urban water loss assessment in a real network with synchronous and incomplete readings" *Environmental Modelling & Software*, vol. 112, pp. 128-142, Feb. 2019. doi: 10.1016/j.envsoft.2018.10.010.
- [116] A. Muhammetoglu, Y. Albayrak, M. Bolbol, S. Enderoglu, e H. Muhammetoglu, "Detection and assessment of post meter leakages in public places using smart water metering" *Water Resources Management*, 2020. doi: 10.1007/s11269-020-02598-1.
- [117] Águas do Porto, "Sistema de rega inteligente poupa 15% de água nos espaços verdes", 2024. [Online]. Disponível em: <https://aguasdoporto.pt/noticias/poupan%C3%A7adeagua-regainteligenteporto> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [118] Câmara Municipal de Vila do Conde, "Sensores avançados para irrigação urbana em Vila do Conde" 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.cm-viladoconde.pt/comunicacao/gabinete-de-comunicacao/noticias/noticia/camara-municipal-de-vila-do-conde-lidera-projeto-piloto-de-rega-sustentavel> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [119] Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, "Autarquia adquire equipamentos de rega inteligente", 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.cm-gaia.pt/pt/noticias/autarquia-adquire-equipamentos-de-rega-inteligente/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [120] Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência, "Câmaras Municipais - IUTICCM" 14-Jun-2024. [Online]. Disponível em: <https://www.dgeec.medu.pt/art/ciencia-e-tecnologia/undefined/undefined/666c30d41638429280fe5991> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [121] V. Vinagre, T. Fidélis e A. Luís, "How Can We Adapt Together? Bridging Water Management and City Planning Approaches to Climate Change," *Water*, vol. 15, no. 4, art. no. 715, 11 de fev. de 2023. doi: 10.3390/w15040715.
- [122] Curtins, "Sustainable Drainage Systems (SuDS)," [Online]. Disponível em: <https://curtins.com/what-we-do/suds/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [123] A. Berland, S. A. Shiflett, W. D. Shuster, A. S. Garmestani, H. C. Goddard, D. L. Herrmann e M. E. Hopton, "The role of trees in urban stormwater management" *Landscape and Urban Planning*, vol. 162, pp. 167-177, 2017. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.02.017
- [124] W. Ballard, B. Wilson, H. Udale-Clarke, H. Illman, S. Scott, T. Ashley, and R. Kellagher, *The SuDS Manual*, CIRIA C753, London: CIRIA, 2015. ISBN: 978-0-86017-760-9.
- [125] D. Adamowski, J. Zalewski, P. Paluch e T. Glixelli, *Katalog zielono-niebieskiej infrastruktury. Część II. Wytyczne i rozwiązania*, vol. 1.1, MWiK w Bydgoszczy e Arup, Bydgoszcz, Polónia, 2017. Disponível em: <https://mwik.bydgoszcz.pl/wp-content/uploads/2021/05/Katalog-zielono-niebieskiej-infrastruktury-small-print-version.pdf>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [126] M. I. Rodríguez-Rojas, F. J. Garrido-Jiménez, F. J. Abarca-Álvarez, and M. R. Vallecillos-Siles, "Advances in the Integration of Sustainable Drainage Systems into Urban Planning: A Case Study" *Sustainability*, vol. 16, no. 7, 2024, p. 2658, doi: 10.3390/su16072658.
- [127] R. Q. Grafton, A. Manero, L. Chu, and P. Wyrwoll, "The price and value of water: An economic review" *Cambridge Prisms: Water*, vol. 1, pp. 1-17, 2023, doi: 10.1017/wat.2023.2.

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [128] Belfast City Council, *Sustainable Drainage Systems (SuDS). Supplementary Planning Guidance*, maio 2023. [Online]. Disponível em: [https://www.belfastcity.gov.uk/Documents/Sustainable-Drainage-Systems-\(SuDS\)](https://www.belfastcity.gov.uk/Documents/Sustainable-Drainage-Systems-(SuDS)) [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [129] Greater London Authority, *Lost Effra SuDS Projects*. London, UK: Mayor of London, 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/climate-change/climate-adaptation/surface-water-flooding/lost-effra-suds-projects>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [130] Greater London Authority, *London Sustainable Drainage Proforma*. London, UK: Mayor of London, 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/climate-change/climate-adaptation/surface-water-flooding/london-sustainable-drainage-proforma>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [131] Câmara Municipal de Lisboa, *Plano Geral de Drenagem de Lisboa 2016-2030*, Lisboa, Portugal, 2015. [Online]. Disponível em: https://planodrenagem.lisboa.pt/fileadmin/pgdl/_ficheiros/PlanoGeralDrenagem_2016_2030.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [132] ACO, "Parque Eduardo VII, Lisboa, Portugal," 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.aco.es/pt/referencias/parque-eduardo-vii-lisboa-portugal>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [133] Câmara Municipal de Lisboa, "Plano Geral de Drenagem de Lisboa: Túnel de Drenagem" [Online]. Disponível em: <https://planodrenagem.lisboa.pt/tuncis> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [134] GRAF, "Projeto Recuperação Água de Chuva - Braga (Portugal)" 2018. [Online]. Disponível em: <https://graf.info/pt/depositos-soterrados/referencias-depositos-soterrados/proyecto-recuperacion-agua-de-lluvia-braga-portugal.html> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [135] GRAF, "Projeto Novas Instalações de Cadilhe dos Santos - Viana do Castelo (Portugal)" 2019. [Online]. Disponível em: <https://graf.info/pt/suds-drenaje-sostenible/referencias-de-infiltracion-y-drenaje/proyecto-nuevas-instalaciones-de-cadilhe-dos-santos-portugal.html> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [136] U. K. Priya e R. Senthil, «Framework for Enhancing Urban Living Through Sustainable Plant Selection in Residential Green Spaces,» *Urban Sci.*, vol. 8, n.º 4, art. 235, 2024, doi: 10.3390/urbansci8040235.
- [137] L. A. Roman, T. M. Conway, T. S. Eisenman et al. Beyond 'trees are good': Disservices, management costs, and tradeoffs in urban forestry" *Ambio*, vol. 50, pp. 615-630, 2021, doi: 10.1007/s13280-020-01396-8.
- [138] N. Perpétuo, M. G. Campos, P. R. Trincão e A. Coutinho, «As plantas tóxicas das escolas, jardins e parques de Coimbra,» *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, dez. 2018. doi: 10.29077/bol/112/ce04_perpetuo.
- [139] Sociedade Portuguesa de Alergologia e Imunologia Clínica (SPAIC), Guia para Boas Práticas nos Espaços Verdes: Sustentabilidade, Saúde e Bem-Estar. [Online]. Disponível em: http://spaic.pt/client_files/files/Guia%20Espa%C3%A7os%20Verdes%20-%20Digital.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [140] L. Garland, "Native Versus Non-native: Which Plants are Best for Biodiversity?," *The Nature of Cities*, 18 de mai. de 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.thenatureofcities.com/2020/05/18/native-versus-non-native-which-plants-are-best-for-biodiversity/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

- [141] B. Alizadeh and J. Hitchmough, "A review of urban landscape adaptation to the challenge of climate change" *Int. J. Climate Change Strategies and Management*, vol. 11, no. 2, pp. 178-194, 2019. doi: 10.1108/IJCCSM-10-2017-0179.
- [142] K. G. B. Kavana, *Miyawaki Forest*, relatório técnico, ResearchGate, ago. 2023. DOI: 10.13140/RG.2.2.10680.93441.
- [143] N. Ankam, *Xeriscaping*, in *Advances in Horticulture Sciences*, New Delhi: Integrated Publications, 2022, junho. DOI: 10.22271/int.book.148.
- [144] Phyto Studio, "Pollinator & Bird Garden," *The Arboretum at Penn State*, [Online]. Disponível em: <https://phytostudio.com/psu>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [145] Visit Utah, "Red Butte Garden: The Largest Botanical Garden in the Intermountain West," [Online]. Disponível em: <https://www.visitutah.com/things-to-do/utah-botanical-gardens/red-butte-garden> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [146] Monrovia, "Mediterranean Garden Design Inspiration from the Experts," [Online]. Disponível em: <https://www.monrovia.com/be-inspired/mediterranean-garden-design-inspiration> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [147] Olhares de Lisboa, "Parque Urbano de Vila Fria já está inaugurado," 3 de jul. de 2023. [Online]. Disponível em: <https://olharesdelisboa.pt/2023/07/parque-urbano-de-vila-fria-ja-esta-inaugurado/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [148] M. Prambauer, C. Wendeler, J. Weitzenböck e C. Burgstaller, "Biodegradable geotextiles - An overview of existing and potential materials," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 47, n.º 1, pp. 48-59, 2019. doi: 10.1016/j.geotexmem.2018.09.006.
- [149] E. Kouhgard, H. Shiri, M. Mahdianpari e H. Momtaz, "Interlocking elements to control erosion in natural and urban ecosystems," *European Journal of Environment and Earth Sciences*, vol. 5, n.º 5, out. 2024. doi: 10.24018/ejgeo.2024.5.5.4851.
- [150] J. Trémeau, B. Olascoaga, L. Backman, E. Karvinen, H. Vekuri e L. Kulmala, "Lawns and meadows in urban green space - a comparison from perspectives of greenhouse gases, drought resilience and plant functional types," *Biogeosciences*, vol. 21, pp. 949-972, 2024. doi: 10.5194/bg-21-949-2024.
- [151] *Paisageiro*, «Prado florido - introduzir a natureza dentro da cidade,» Blog Paisageiro, 2022. [Online]. Disponível em: <https://paisageiro.com/blog/prado-florido-introduzir-a-natureza-dentro-da-cidade/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [152] *Sementes de Portugal*, «Saiba como surgiram as Sementes de Portugal,» [Online]. Disponível em: <https://sementesdeportugal.pt/o-projecto/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [153] Historic Royal Palaces, «The Tower Moat - From lawn to Superbloom,» *Historic Royal Palaces*, 2024. [Online]. Disponível em: <https://hrp.org.uk/tower-of-london/whats-on/the-tower-moat/#gs.las0or>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [154] Friends of the High Line, «Visit the High Line,» thehighline.org, 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.thehighline.org/visit/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [155] B. A. Norton et al., "Urban meadows as an alternative to short mown grassland: effects of composition and height on biodiversity," *Ecological Applications*, vol. 29, no. 4, Art. e01946, Jun. 2019. doi: 10.1002/eap.1946.
- [156] Ambiente Cascais, "Prados de Sequeiro" [Online]. Disponível em: <https://ambiente.cascais.pt/pt/projetos/prados-sequeiro>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [157] LIFE LUNGS Project, "O primeiro projeto LIFE liderado pelo município vai tornar Lisboa mais verde e 'mais cool'" [Online]. Disponível em: <https://life-lungs.lisboa.pt/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [158] Y. Jiang and T. Yuan, "The effects of precipitation change on urban meadows in different design models and substrates," *Scientific Reports*, vol. 13, Art. 20592, Nov. 2023. doi: 10.1038/s41598-023-47899-2.
- [159] L.-M. Kuhlemann, D. Tetzlaff, A. Smith, B. Kleinschmit e C. Soulsby, "Using soil water isotopes to infer the influence of contrasting urban green space on ecohydrological partitioning," *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 25, pp. 927-943, 2021. doi: 10.5194/hess-25-927-2021
- [160] Sociedade Portuguesa de Botânica, *Flora-On - A Flora de Portugal Interativa*. [Online]. Disponível em: <https://flora-on.pt/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [161] M. A. Rahman, C. Fleckenstein, V. Dervishi, F. Ludwig, H. Pretzsch, T. Rötzer e S. Pauleit "How good are containerized trees for urban cooling?" *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 79, p. 127822, 2023. doi: 10.1016/j.ufug.2022.127822
- [162] C. Fleckenstein, V. Dervishi, M. A. Rahman, T. Rötzer, S. Pauleit e F. Ludwig, "Trees in Planters-A Case Study of Time-Related Aspects," *Land*, vol. 11, no. 8, art. no. 1289, 11 de ago. de 2022. doi: 10.3390/land11081289
- [163] A. Nagase e J. T. Lundholm, "Container gardens: Possibilities and challenges for environmental and social benefits in cities" *Journal of Living Architecture*, vol. 8, no. 2, art. no. 001, jan. 2021. doi: 10.46534/jliv.2021.08.02.001
- [164] E. Garate, J. Peres, L. Garcia Pierna, A. Martinez, J. Domingo e T. Carita, *Restaurar a biodiversidade nativa com espécies vegetais locais: feedback da dinâmica de conservação coletiva e de renaturalização na Europa*, Montpellier: FAB'LIM, Fundación Global Nature, INIAV, 2022. [Online]. Disponível em: <https://fleurslocales.eu/wp-content/uploads/2022/05/Brochure-ITERREG-PO-03-1.pdf>
- [165] *SIGMETUM - Plantas Autóctones*, [Online]. Disponível em: <https://sigmetum.com/>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [166] Instituto Superior de Agronomia, *Index Sporarum et Seminum*. Lisboa: Universidade de Lisboa. [Online]. Disponível em: <https://www.isa.ulisboa.pt/pbta/index-sporarum-et-seminum> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [167] F. Ugolini, L. Massetti, P. Calaza-Martínez *et al.*, "Understanding the benefits of public urban green space: How do perceptions vary between professionals and users?" *Landscape and Urban Planning*, vol. 228, art. no. 104575, Dez. 2022, doi: 10.1016/j.landurbplan.2022.104575.
- [168] L. Pinto, C. S. S. Ferreira e P. Pereira, "Environmental and socioeconomic factors influencing the use of urban green spaces in Coimbra (Portugal)" *Science of The Total Environment*, vol. 792, p. 148293, 2021. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148293
- [169] E. Gearin e C. S. Hurt, "Making Space: A New Way for Community Engagement in the Urban Planning Process" *Sustainability*, vol. 16, no. 5, art. no. 2039, 29 de fev. de 2024, doi: 10.3390/su16052039.
- [170] *Participation Works! 21 Techniques of Community Participation for the 21st Century*, 1st ed., London, UK: New Economics Foundation, 1998. ISBN 1-899407-17-0.
- [171] P. Walker, *Crowd Wise: Turning Differences into Effective Decisions*, 1ª ed., Londres, Reino Unido: New Economics Foundation, jun. 2010.

- [172] S. Steyaert e H. Lisoir, eds., *Participatory Methods Toolkit: A Practitioner's Manual*, 1ª ed., Bruxelas, Bélgica: King Baudouin Foundation e viWTA, em colaboração com UNU/CRIS, dez. 2003. ISBN 90-5130-447-1.
- [173] G. M. Valdez, *Ferramentas para Identificar Necessidades da Comunidade*, publicação complementar ao guia *Comunidades em Ação: Guia para Desenvolvimento de Projetos (605A-PO)*, Rotary International, 2023.
- [174] T. Amsler and J. Speers, *Getting the Most Out of Public Hearings: Ideas to Improve Public Involvement*, Institute for Local Government, USA, 2005.
- [175] M. Leighninger, *Using Online Tools to Engage - and be Engaged by - The Public*, Deliberative Democracy Consortium, DC, USA, 2024.
- [176] CIRIA, *Derbyshire Street Pocket Park, London*. London, UK: Susdrain, 2019. [Online]. Disponível em: https://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/derbyshire_street_pocket_park_london.html. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [177] Itron, "Aquadis DN20" [Online]. Disponível em: <https://pt.itron.com/pt/products/aquadis-dn20>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [178] Itron, "Cyble Sensor" [Online]. Disponível em: <https://pt.itron.com/products/cyble-sensor>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [179] Rain Bird, "Programador de Rega a Pilhas com Bluetooth TBOS-BT," [Online]. Disponível em: <https://www.rainbird.com/pt-pt/products/programador-de-rega-pilhas-com-bluetooth-tbos-bt>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [180] Leroy Merlin, "Consola de Programação de Rega Rain Bird TBOS-II (TBOS2)," [Online]. Disponível em: <https://www.leroymerlin.pt/produtos/consola-de-programacion-de-riego-rain-bird-tbos-ii-tbos2-85578429.html>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [181] Rain Bird, Programador de Rega STP4PL, 2018. [Online]. Disponível em: https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/man_STPplus-PT.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [182] Águas de Coimbra, *Tarifário de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais para 2024*. [Online]. Disponível em: https://www.aguasdecoimbra.pt/wp-content/uploads/Edital-n.o-199_2023-1.pdf. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [183] Shadowmap, *Simulação Global Interativa de Sombreamento Solar em 3D*. [Online]. Disponível em: <https://shadowmap.org/pt/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [184] Direção-Geral da Educação, "Inquéritos em meio escolar," [Online]. Disponível em: <https://dge.mec.pt/inqueritos-em-meio-escolar-0>. [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [185] Gerador de Preços. *Espaços Urbanos - Portugal*. [Online]. Disponível em: https://www.geradordeprecos.info/espacos_urbanos/ [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [186] Gerador de Preços. *UJC020 - Relva: Relvado por sementeira de mistura de sementes de lolium, agrostis, festuca e poa*. [Online]. Disponível em: https://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Infra-estruturas_no_logradouro/Jardins/Relvados/Relva.html [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [187] Gerador de Preços. *UJC010 - Tapete de relva*. [Online]. Disponível em: https://www.geradordeprecos.info/obra_nova/Infra-estruturas_no_logradouro/Jardins/Relvados/Tapete_de_relva.html [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

*Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a
Otimização de Recursos Hídricos*

- [188] Sementes de Portugal, *Prados Floridos e Apícolas*. [Online]. Disponível em: <https://sementesdeportugal.pt/categoria-produto/prados-floridos-e-apicolas/> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [189] Planfor.pt, *Lista das Plantas Aromáticas*. [Online]. Disponível em: <https://www.planfor.pt/jardim-plantas,comprar-plantas-aromaticas-pt.html> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [190] Gerador de Preços. *UJM010 - Maciço de Festuca Azul (Festuca glauca)*. [Online]. Disponível em: https://www.geradordeprecos.info/obra_nova/calculaprecio.asp?Valor=7|0_0_0|0|UJM010|ujm_macic_0_0_1 [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [191] Gerador de Preços. *JTO010 - Cobrimento protector sobre maciço existente*. [Online]. Disponível em: https://geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Jardins/JT_Decoracao_e_tratamento_de_supe/Superficies_de_materiais_organicos/JTO010_Cobrimento_protector_sobre_macico_e.html [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [192] Gerador de Preços. *JTI010 - Cobrimento decorativo do terreno, com inerte*. [Online]. Disponível em: https://geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Jardins/JT_Decoracao_e_tratamento_de_supe/Superficies_de_materiais_inertes/JTI010_Cobrimento_decorativo_do_terreno__c.html [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [193] Gerador de Preços. *JTO020 - Cobrimento decorativo com casca de pinho*. [Online]. Disponível em: https://geradordeprecos.info/espacos_urbanos/Jardins/JT_Decoracao_e_tratamento_de_supe/Superficies_de_materiais_organicos/JTO020_Cobrimento_decorativo_com_casca_de_.html [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [194] Decreto-Lei n.º 163/2006, de 8 de agosto - Regime de acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público. Diário da República, n.º 152/2006, Série I, 8 de ago. de 2006. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/163-2006-538624> [Acesso em: 5 de mai. de 2025].
- [195] Decreto-Lei n.º 203/2015, de 17 de setembro - Condições de segurança nos espaços de jogo e recreio. Diário da República, n.º 182/2015, Série I, 17 de set. de 2015. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/203-2015-70300350> [Acesso em: 5 de mai. de 2025].
- [196] Câmara Municipal de Coimbra, “Plano Diretor Municipal,» Urbanismo – Ordenamento do Território, [Online]. Disponível em: <https://www.cm-coimbra.pt/areas/viver/urbanismo/ordenamento-do-territorio/instrumentos-de-gestao-territorial/plano-diretor-municipal> [Acesso em: 24 de abr. de 2025].
- [197] IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, *Normais Climatológicas 1981-2010: Coimbra/Bencanta*. Lisboa: IPMA. [Online]. Disponível em: https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_81-10_COIMBRA_BENCANTA.pdf [Acesso em: 24 de abr. de 2025].

ANEXOS

Anexo 1 Coeficientes e Parâmetros Técnicos para a Estimativa das Necessidades Hídricas. Adaptado de [80], [85]-[87], [95].

Coeficientes de Espécie (Ke)	
Árvores	0,9
Arbustos	0,6
Trepadeiras rasteiras	0,7
Plantações Mistas	0,9
Relva ornamental bem cuidada	0,85
Relva rústica ou relva invadida	0,75
Gramma - Poa spp.	0,6

NOTA: - Use cada categoria (árvores, arbustos, etc.) em espaços dominados por aquele tipo.

- Em plantações mistas (dois ou três tipos), recomenda-se adotar o Ke mais alto para não subdimensionar a rega.

- Para mais espécies específicas, consultar o Manual de rega de jardins [87]

Coeficiente de Densidade (Kd)			
Tipo de vegetação	Alta	Média	Baixa
Árvores	1,3	1	0,5
Arbustos	1,1	1	0,5
Trepadeiras rasteiras	1,1	1	0,5
Plantações Mistas	1,3	1,1	0,6
Relvado	1	1	0,6

NOTA: - Alta: povoamento muito denso;

- Média: ocupação moderada;

- Baixa: espaçamento amplo ou cobertura rala.

- Se há mistura de alturas (árvores + arbustos), verificar qual estrato predomina na hidrozona.

Coeficiente de Microclima (Km)			
Tipo de vegetação	Exposta ao Sol	Parcialmente Sombreada	Sombreada
Árvores	1,4	1	0,5
Arbustos	1,3	1	0,5
Trepadeiras rasteiras	1,2	1	0,5
Plantações Mistas	1,4	1	0,5
Relvado	1,2	1	0,8

NOTA: - Exposta: zonas muito ensolaradas e/ou ventosas.

- Parcial: proteção relativa (muros, árvores), mas ainda recebe sol algumas horas.

- Sombreada: pouco ou nenhum sol direto, maior retenção de humidade no solo.

Coeficiente de Stress Hídrico (Ks)	
Rega normal (sem estresse)	1
Rega deficitária controlada	0,8-0,9
Rega com alta restrição hídrica	0,6-0,7

NOTA: - 1 (normal): fornece toda a água calculada para ETc.

0,8-0,9 (deficitária): reduz moderadamente a água, economizando sem prejudicar muito o aspeto.

0,6-0,7 (alta restrição): poupa água, mas pode comprometer a vitalidade/coloração em períodos secos.

Para plantas recentes, usar Ks = 1 até bom enraizamento; depois, se necessário, reduzir gradualmente.

Para espécies de folha caduca, é reduzido em 20% fora do período de maior procura (abr., mai., out. e nov.) [81].

Eficiência de Irrigação (Ef)	
Aspersão	0,75
Pulverização	0,75
Gota-a-Gota	0,9
Micro-aspersão	0,85
Nebulização	0,8
Rega Manual	0,5

NOTA: - Sistemas pressurizados (gota-a-gota, micro-aspersão) apresentam maior eficiência, desde que haja filtragem adequada e manutenção periódica.

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Anexo 2 Exemplo do Folheto Informativo da Consulta Pública, Londres

Have your say

Your views are a very important part of the decision making process. You can have your say by returning the questionnaire provided using the FREEPOST envelope enclosed or by completing the online questionnaire at consultations.hackney.gov.uk by 15 January 2023.

What happens next?

Your views will all be taken into account as part of the detailed design process. We will publish the consultation responses as well as the decisions made at consultations.hackney.gov.uk.

To keep up to date with this and other plans, please visit hackney.gov.uk/transport-consultations.

Prevention works

If the scheme goes ahead, following consultation, we expect construction works to start around February 2023 with completion in about 6 weeks. Further information regarding the works will be sent out closer to the time.

Information

For further information on these proposals, please contact the Hackney Council Centre by:

calling 020 8354 2897 or emailing askhackney@hackney.gov.uk

FAQs

Q. What is a Sustainable Drainage System (SuDS)?

A Sustainable drainage system is designed to capture surface water to prevent flooding of the urban system. SuDS is a natural drainage into the prepared rain gardens.

Q. What is a rain garden?

A rain garden is a sustainable drainage feature. It is designed to capture surface water and use the water to sustain planting and help to increase biodiversity. Rain gardens of four and the garden is, it can have a major impact on surface water runoff by preventing flooding, particularly in urban areas.

A rain garden requires runoff from the surrounding street parking area or from a water feature to be made into a rain garden. Alternatively, they can be supported by a nearby canal or being directed into them. In order to support the growing of the landscape, the use of rain gardens should be considered especially in local streets and areas that are problem areas for flooding.

Q. Has anti-social behaviour been considered in the design of this scheme?

Yes. The design does not incorporate any seating to avoid the potential danger of people sitting. We will also ensure that new trees do not create dark spots by obstructing lighting levels if needed.

Q. Where can I download if I receive delivery?

Active loading and unloading can take place on all streets and could be done from where there are no loading restrictions as well as other parking bays. For any specific requests, such as small vans, you may require a derogation or a bay supervisor. Please visit our website for more information: www.hackney.gov.uk/parking



Wilton Way

Proposed SuDS Scheme and Public Realm Improvements

Public Consultation

December 2020

have your say

Hackney

What is this document about?

This document outlines proposals to improve Wilton Way to achieve a safer, more pleasant environment along the street, with new landscaping that incorporates Sustainable Drainage Systems (SuDS) with new trees, low level planting and refurbished footways. We are now seeking your views on the proposals.

Why are these changes being proposed?

The Council is committed to making our roads safer for everyone living, working and visiting the borough. These changes aim to create an environment that will encourage more walking and cycling and help to improve air quality.

We are proposing these public realm improvements, primarily to encourage residents and visitors to spend more time on their street and enhance the pedestrian and cycle experience.

Our transport strategy includes a wider Neighbourhood Plan, which recognises that local streets are not just places to park vehicles or drive, with no parking on. They are places where we can live and work. An aspiration is to make making vehicles from major traffic corridors and transform them into the most attractive and livable neighbourhoods in London.

Encouraging the use of slower and greener transport options (particularly walking and cycling) and public transport and making our roads safer for all are key long term objectives for the Council due to the wide range of benefits these transport options can bring, including:

- Reducing potential road accidents.
- Improving personal mobility by the use of sustainable transport.
- Creating safer, cleaner, and quieter residential streets.



Anexo 3 Proposta de Intervenção e Reestruturação na Zona Envolvente do Jardim da Solum (2024)



APÊNDICES

Apêndice 1 Caracterização Geral dos Espaços Verdes na Zona de Estudo em Coimbra

ID	CEV	Código NOAD	N.º Polig.	Nome do Espaço	Localização	Freguesia	Tipologia	Ano Interv.	Área Geográfica Anterior (m²)	Área Geográfica Atual (m²)	Área Verde Total (m²)	Área de Manutenção Anterior (m²)	Área de Manutenção Atual (m²)	Código CIL	Área de Rega Anterior (m²)	Área de Rega Atual (m²)
372	3018	0520903018	2	Espaço da Rot. das Palmeiras - Solum 1	Rua João de Deus Ramos	060318	Rotundas	2021		210,20	802,95	-	976,15	211578		176,20
370	3020	0520903020	2	Espaço da Rua da Jorge Anjinho	Rua Engenheiro Jorge Anjinho	060318	Jardins	1990		124,82	684,86	-	684,26	207155		684,26
	3020	0520903020	2	Espaço da Rua da Jorge Anjinho	Rua Monsenhor Augusto Nunes Pereira	060318	Jardins	1990		560,04				207155		
350	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom João III	060318	Logradouros	2004		129,09	763,06	-	891,19	Não		
469	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom João III	060318	Logradouros	2004		47,89				Não		
470	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom João III	060318	Logradouros	2004		91,01				Não		
471	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	2004		69,21				Não		
472	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	2004		40,59				Não		
473	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	2004		32,93				Não		
474	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom Manuel I	060334	Logradouros	2004		193,71				Não		
475	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom Manuel I	060334	Logradouros	2004		145,22				Não		
731	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua General Humberto Delgado	060334	Logradouros	2004		69,54				Não		
732	3021	0520903021	10	Pavilhão Multidesportos	Rua Dom Manuel I	060334	Logradouros	2004		72,96				Não		
324	3022	0520903022	3	Espaço Pavilhão do União de Coimbra 1	Rua Jerónimo Baía - Rua Infanta Dona Maria	060334	Logradouros	1980		212,86	589,67	-	700,96	211624		656,96
729	3022	0520903022	3	Espaço Pavilhão do União de Coimbra 2	Rua Infanta Dona Maria	060334	Logradouros	1980		343,05				211624		
730	3022	0520903022	3	Floreiras Pavilhão União	Rua Jerónimo Baía	060334	Canteiros	1980		33,76				Não		
374	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 1)	060318	Praças	2024	3972,13	767,60	2127,49	2683,21	2179,53	145864	2683,21	2179,53
511	3030	0520903030	8	Lago da Praça 25 de Abril (Fonte Luminosa)	Praça 25 de Abril	060318	Lago	2024		107,16				208955		Fonte
17656	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 4)	060318	Praças	2024		111,13				145864		
17657	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 6)	060318	Praças	2024		177,07				145864		
17658	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 5)	060318	Praças	2024		158,37				145864		
17659	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 3)	060318	Praças	2024		274,82				145864		
17660	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril	Praça 25 de Abril (Espaço 2)	060318	Praças	2024		482,41				145864		
	3030	0520903030	8	Praça 25 de Abril (Estacionamento)	Praça 25 de Abril	060318	Canteiros	2024		107,77			84,55	145864		
720	3031	0520903031	3	Praça Heróis do Ultramar 2	Praça Heróis do Ultramar	060334	Praças	2003		1760,88	4740,56	-	2996,87	209248		2996,87
721	3031	0520903031	3	Praça Heróis do Ultramar 1	Praça Heróis do Ultramar	060334	Praças	2003		2438,37				209248		
911	3031	0520903031	3	Praça Heróis do Ultramar 2	Praça Heróis do Ultramar	060318	Praças	2003		541,31				209248		
373	3035	0520903035	2	Praceta Gira Solum	Rua João de Deus Ramos - Rua Dom João III	060318	Jardins	2024	1956,20	1075,85	1186,95	1683,58	912,85	211702	1683,58	186,25
	3035	0520903035	2	Praceta Gira Solum 2	Rua João de Deus Ramos - Rua Dom João III	060318	Jardins	2024		111,10				211702		

Nataliia Zonova

ID	CEV	Código NOAD	N.º Políg.	Nome do Espaço	Localização	Freguesia	Tipologia	Ano Interv.	Área Geográfica Anterior (m²)	Área Geográfica Atual (m²)	Área Verde Total (m²)	Área de Manutenção Anterior (m²)	Área de Manutenção Atual (m²)	Código CIL	Área de Rega Anterior (m²)	Área de Rega Atual (m²)
360	3046	0520903046	1	Rotunda do Cidral	Praceta do Cidral	060318	Rotundas	1980		378,28	378,28	-	530,66	211562		Não
371	3049	0520903049	1	Rotunda Jorge Anjinho (Palmeiras)	Rua Engenheiro Jorge Anjinho	060318	Rotundas	1990		371,07	371,07	-	373,06	207867		373,06
723	3057	0520903057	1	Rotunda dos Combatentes	Rua dos Combatentes da Grande Guerra	060334	Rotundas	2020	121,50	273,74	273,74	113	295,59	211598	432,78	617,39
	3058	0520903058	1	Rotunda Humberto Delgado	Rotunda da ACIC	060318	Rotundas	2024	1071,58	203,82	560,86	994,88	551,79	211561	994,88	551,79
	3058	0520903058	1	Rotunda Humberto Delgado	Rotunda da ACIC	060318	Rotundas	2024		357,05				211561		
338	3070	0520903070	2	Taludes Igreja de S. José	Rua Dom Manuel I	060318	Taludes	1960		2132,69	2367,41	-	1528,49	120477		1288,69
344	3070	0520903070	2	Taludes Igreja de S. José 2	Rua dos Combatentes da Grande Guerra	060318	Taludes	1960		234,73				Não		Não
724	3076	0520903076	2	Rotunda dos Combatentes 2	Praça de São José	060334	Rotundas	2020	311,28	158,87	318,65	563	317,36	211598		com 3057
16856	3076	0520903076	2	Rotunda dos Combatentes 1	Praça de São José	060318	Rotundas	2020		159,78				211598		com 3057
444	3078	0520903078	4	Urbanização Brotero 1	Rua do Estádio	060318	Logradouros	2022	2888,85	1360,81	4262,25	2888,85	4471,03	207184	2888,85	4262,25
722	3078	0520903078	4	Urbanização Brotero	Rua Dom Manuel I	060318	Logradouros	2022		1570,64				207184		
908	3078	0520903078	4	Urbanização Brotero	Rua Dom Manuel I	060334	Logradouros	2022		1173,09				207184		
909	3078	0520903078	4	Urbanização Brotero 1	Rua do Estádio	060334	Logradouros	2022		157,71				207184		
359	3084	0520903084	2	Triângulo da Rotunda do Cidral 1	Rua Miguel Torga	060318	Rotundas	1980		307,05	327,85	-	317,46	1005291		307,05
478	3084	0520903084	2	Triângulo da Rotunda do Cidral 2	Rua Miguel Torga	060318	Rotundas	1980		35,81				1005291		Não
345	3091	0520903091	2	Floreiras Estádio Cidade de Coimbra 3	Rua Dom João III	060318	Canteiros	2004		120,47	201,37	135	183,32	Não		Não
346	3091	0520903091	2	Floreiras Estádio Cidade de Coimbra 4	Rua Dom Manuel I	060318	Canteiros	2004		80,90				Não		Não
	3091	0520903091	4	Floreiras Estádio Cidade de Coimbra 4	Rua Dom Manuel I	060318	Canteiros	2024		14,87			14,87	145864		com 3030
	3091	0520903091	4	Floreiras Estádio Cidade de Coimbra 4	Rua Dom Manuel I	060318	Canteiros	2024		33,45			33,45	145864		com 3030
17256	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 2)	Rua Dom João III	060318	Jardins	2024		1031,33	1815,76	-	749,68	Não		749,68
17257	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 1)	Rua Dom João III	060318	Jardins	2024		598,17				Não		
	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 5)	Rua João III	060318	Jardins	2024		37,94				211702		com 3035
	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 6)	Rua João III	060318	Jardins	2024		43,40				211702		com 3035
	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 4)	Rua João III	060318	Jardins	2024		24,00				211702		com 3035
	3140	0520903140	6	Bosquete da Rua João III (Espaço 3)	Rua João III	060318	Jardins	2024		80,91				211702		com 3035
14856	3142	0520903142	1	Espaços ajardinados da Rua Gerónimo Baía	Rua Gerónimo Baía	060318	Canteiros	2022		3551,57	3081,57	-	3670	1010891		3081,57
1	8001	0520908001	4	Urbanização Humberto Delgado (105, 127, 127A, 139 e 139A)	Rua João de Deus Ramos	060318	Logradouros	1970		383,15	5949,67		-	Não		Não
84	8001	0520908001	4	Urbanização Humberto Delgado (105, 127, 127A, 139 e 139A)	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	1970		269,49				Não		Não
85	8001	0520908001	4	Urbanização Humberto Delgado (105, 127, 127A, 139 e 139A)	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	1970		421,98				Não		Não
86	8001	0520908001	4	Urbanização Humberto Delgado (105, 127, 127A, 139 e 139A)	Rua General Humberto Delgado	060318	Logradouros	1970		269,85				Não		Não
58	8016	520908016	1	Condomínio Rua Infanta D. Maria	Rua Carolina Micaellis	060318	Logradouros	1970		4605,19	4605,19	-	-	Não		Não

Apêndice 2 Consumos Hídricos Anuais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo

ID	CEV	Código CIL	Área de Rega Anterior (m²)	Área de Rega Atual (m²)	SRega	TRega	Observações sobre o Sistema de Rega	Consumo Anual de Água por contador (m³)				
								2020	2021	2022	2023	2024
372	3018	211578		176,2	Sim	Aspersão		147	0	0	134	144
370	3020	207155		684,3	Sim	Pulverizadores		197	65	92	220	744
	3020	207155			Sim	Pulverizadores						
350	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
469	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
470	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
471	3021	Não			Não	-	Irrigação manual (1-2 vezes/ano)	-	-	-	-	-
472	3021	Não			Não	-	Irrigação manual (1-2 vezes/ano)	-	-	-	-	-
473	3021	Não			Não	-	Irrigação manual (1-2 vezes/ano)	-	-	-	-	-
474	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
475	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
731	3021	Não			Não	-	Irrigação manual (1-2 vezes/ano)	-	-	-	-	-
732	3021	Não			Desativado	-	Sistema destruída	-	-	-	-	-
324	3022	211624		657,0	Sim	Aspersão, Pulverizadores		37	219	0	134	1044
729	3022	211624			Sim	Aspersão, Pulverizadores						
730	3022	Não			Não	-						
374	3030	145864	2683,2	2179,5	Sim	Gota-a-gota, Pulverizadores	Espaço renovado (junho 2024), sistema de rega com falhas	-	-	-	-	4281
511	3030	208955		Fonte	Sim	Aspersão + Fonte	2020-2022: jardim e fonte; 2024: só fonte	1063	913	385	0	283
17656	3030	145864			Sim	Gota-a-gota, Aspersão						
17657	3030	145864			Sim	Gota-a-gota, Aspersão						
17658	3030	145864			Sim	Gota-a-gota, Aspersão						
17659	3030	145864			Sim	Gota-a-gota, Aspersão						
17660	3030	145864			Sim	Gota-a-gota, Aspersão						
	3030	145864			Sim	Gota-a-gota						
720	3031	209248		2996,9	Sim	Pulverizadores	2024: Contador avariado	222	1055	1409	451	0
721	3031	209248			Sim	Pulverizadores						
911	3031	209248			Sim	Pulverizadores						
373	3035	211702	1683,6	186,3	Sim	Aspersão, Pulverizadores	Mal dimensionado, roturas frequentes	300	0	1141	11	1525
	3035	211702			Sim	Aspersão, Pulverizadores						
360	3046	211562		Não	Não	-		-	-	-	-	-
371	3049	207867		373,1	Sim	Aspersão		366	472	620	154	208
723	3057	211598	432,8	617,39	Sim	Pulverizador		320	581	259	1240	485
	3058	211561	994,9	551,8	Sim	Gota-a-gota, era aspersão	2024: Obras do metro	360	418	563	316	300
	3058	211561			Sim	Gota-a-gota, era aspersão						
338	3070	120477		1288,7	Sim	Aspersão, Pulverizadores	Igreja, bebedouro	459	1260	820	105	122
344	3070	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
724	3076	211598		com 3057	Sim	Gota-a-gota						
16856	3076	211598		com 3057	Sim	Gota-a-gota						
444	3078	207184	2888,9	4262,2	Sim	Aspersão		1496	1396	1263	1832	2151
722	3078	207184			Sim	Aspersão						
908	3078	207184			Sim	Aspersão						
909	3078	207184			Sim	Aspersão						
359	3084	1005291		307,0	Sim	Aspersão, Pulverizadores	Flores ornamentais	542	177	278	158	269
478	3084	Não		Não	Desativado	-	Passadeira	-	-	-	-	-
345	3091	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
346	3091	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
	3091	145864		com 3030	Sim	Gota-a-gota						
	3091	145864		com 3030	Sim	Gota-a-gota						
17256	3140	Não		749,7	Desativado	Gota-a-gota	Não conectada	-	-	-	-	-
17257	3140	Não			Desativado	Gota-a-gota	Não conectada	-	-	-	-	-
	3140	211702		com 3035	Sim	Gota-a-gota						
	3140	211702		com 3035	Sim	Gota-a-gota						
	3140	211702		com 3035	Sim	Gota-a-gota						
	3140	211702		com 3035	Sim	Gota-a-gota						
14856	3142	1010891		3081,6	Sim	Gota-a-gota, Aspersão, Pulverizadores	Contador não foi registado na CMC depois de obras, dados médios da AC	-	-	-	-	2392
1	8001	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
84	8001	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
85	8001	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
86	8001	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-
58	8016	Não		Não	Não	-		-	-	-	-	-

Apêndice 3 Consumos Hídricos Mensais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo

CEV	CIL	Consumo Mensal por Contador (m³) 2022												Média Mensal (m³)	Média Mensal 2022 (l/m²)	Consumo Mensal por Contador (m³) 2023												Média Mensal (m³)	Média Mensal 2023 (l/m²)	Consumo Mensal por Contador (m³) 2024												Média Mensal (m³)	Média Mensal 2024 (l/m²)
		janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro			janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro			janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro		
3018	211578																53	32		28	21					33,5	190,1								25	91	16	6	6		28,8	163,5	
3020	207155					1		64	7	3	6	11	15,3	22,4	6	5	4	3	5	9	100	35	10	13	11	19	18,3	26,8	26	29	20	56	100	4	213	192	104				82,7	120,8	
3022	211624																								134	134,0	204,0	144	118	125	145	136	126	151	81	17	1			104,4	158,9		
3030 + 3091	145864																																326	1616	399	658	529	367	139	247	535,1	245,5	
3030	208955					1	237		57	90			96,3	35,9																													
3031	209248			9	42	105	153	311	668	121			201,3	67,2					161	1	192	97				112,8	37,6																
3035 + 3140	211702							673	468				570,5	338,9				1				2	4	4			2,8	1,6							260	317	224	237	240	247	254,2	1364,6	
3049	207867					86	194	171	169				155,0	415,5				1	61		1	56	17	18		25,7	68,8				1		75	73	44	15				41,6	111,5		
3057 + 3076	211598		3	35	1	2	7	61	77	73			32,4	54,7			282	57	203	67	189	167	241	34		155,0	261,7				51	72	84	108	110	60				80,8	136,5		
3058	211561	6	8	7	7	6	64	133	163	159			61,4	61,8				17	76	0	86	98	39			63,2	63,5										156	143	1	0,0	0,0		
3070	120477	172	56	17				86	194	271	4	4	16	91,1	70,7	17	6					17	12	11	23	19	15,0	11,6	13	10	12	11	8	11	14	12	8	8	7	8	10,2	7,9	
3078	207184					120			1044	99			421,0	145,7		1	107			593	319	437	305	67	2	1	203,6	47,8	1				1	10	498	696	652	293			307,3	72,1	
3084	1005291					10	78	55	98	34	3		46,3	150,9				14	64	4	30	30	16			26,3	85,8					2		56	91	92	21	4	3	38,4	125,2		
3142	1010891																																	403	390	403	403	390	403			398,7	129,4

Legenda

	Novas zonas com medidas de adaptação
	Ciclos de rega no inverno ou perdas

Apêndice 4 Inventário de Tipos de Vegetação na Zona de Estudo

ID	CEV	Tipo de Cobertura	Cobertura Relvada	Cobertura Herbáceo-Arbustiva	Árvores Adultas	Novas Plantações (Árvores Jovens)	Notas Adicionais
372	3018	Espaço relvado com árvores	Relva invadida	-	Araucária de Norfolk - <i>Araucaria heterophylla</i> (1)	Magnólia - <i>Magnolia spp.</i> (2), <i>Pyrus</i> - <i>Pyrus calleryana</i> (2), Cinamomo - <i>Melia azedarach</i> (2)	
370	3020	Espaço relvado com árvores	Relva invadida	Calliostema - <i>Calliostema speciosus</i> , Buxo - <i>Buxus spp.</i> , Sálvia-pequena - <i>Salvia microphylla</i> , Ternstroemia - <i>Ternstroemia spp.</i>	Carvalho sedoso - <i>Grevillea robusta</i> (1), Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (2)	-	
0	3020	Idem	Relva invadida	-	Palmeira anã - <i>Chamaerops humilis</i> (2), Laranjeira - <i>Citrus sinensis</i>	-	
350	3021	Espaços relvados com arbustos	Relva invadida	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i> , Viburno - <i>Viburnum tinus</i> , Eragrostis - <i>Eragrostis curvula</i>	-	-	
469	3021	Idem	-	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (4), Malus - <i>Malus spp.</i>	-	
470	3021	Idem	Relva invadida	Begónia - <i>Begonia spp.</i>	Malus - <i>Malus spp.</i>	-	
471	3021	Idem	-	Pseuderantemo - <i>Pseuderanthemum spp.</i> , Relva-de-arco-íris - <i>Arundina graminifolia</i> , Dodonea - <i>Dodonaea spp.</i> , Agapanto - <i>Agapanthus praecox</i>	-	-	
472	3021	Idem	-	Abélia - <i>Abelia x grandiflora</i> , Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i> , Rosa-da-China - <i>Rosa chinensis</i> , Grandiflora - <i>Rosa grandiflora</i>	Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (2)	-	
473	3021	Idem	-	Imperata - <i>Imperata cylindrica</i> , Grevillea-de-folhas-de-rosmarinho - <i>Grevillea rosmarinifolia</i> , Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i>	-	-	
474	3021	Idem	-	Adenium - <i>Adenium spp.</i> , Imperata - <i>Imperata cylindrica</i> , Teucrium - <i>Teucrium fruticans</i> , Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i> , Helicriso - <i>Helicrysum italicum</i> , Abélia - <i>Linnaea uniflora</i> (sin. <i>Abelia uniflora</i>)	-	-	
475	3021	Idem	Relva invadida	Coprosma - <i>Coprosma rhamnoides</i> , Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (2)	-	
731	3021	Idem	Relva invadida	Viburno - <i>Viburnum tinus</i> , Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	-	-	
732	3021	Idem	Relva invadida	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (4)	-	
324	3022	Espaços relvados com árvores e canteiros com arbustos	Relva invadida	Eleagno - <i>Elaeagnus pungens</i> , Callistemon - <i>Callistemon rigidus</i>	-	-	
729	3022	Idem	Relva invadida	Eleagno - <i>Elaeagnus pungens</i> , Viburno - <i>Viburnum tinus</i>	-	-	
730	3022	Idem	Relva invadida	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i> , Tasmânia - <i>Tasmannia spp.</i> , Eônio - <i>Aeonium undulatum</i> , Viburno - <i>Viburnum tinus</i>	-	-	
374	3030	Espaço relvado com árvores, arbustos	Relva	-	Liquidâmbar - <i>Liquidambar styraciflua</i> (7), Chorão - <i>Salix babylonica</i> (1)	Tulipeiro-da-Virgínia - <i>Liriodendron tulipifera</i> (6), Zêlha- <i>Acer monspessulanum</i> (2)	Medidas de Adaptação
511	3030	Lago da Praça 25 de Abril (Fonte Luminosa)	-	-	-	-	Fonte Luminosa
17656	3030	Espaço relvado com árvores, arbustos	-	Queiró - <i>Calluna vulgaris</i>	-	Tília europeia - <i>Tilia x vulgaris</i> (3)	Medidas de Adaptação
17657	3030	Idem	-	Queiró - <i>Calluna vulgaris</i>	-	Tulipeiro-da-Virgínia - <i>Liriodendron tulipifera</i> (3), Zêlha- <i>Acer monspessulanum</i> (2)	Medidas de Adaptação
17658	3030	Idem	-	Queiró - <i>Calluna vulgaris</i>	-	Tulipeiro-da-Virgínia - <i>Liriodendron tulipifera</i> (2),	Medidas de Adaptação
17659	3030	Idem	Relva	-	Tília europeia - <i>Tilia x vulgaris</i> (1)	Tília europeia - <i>Tilia x vulgaris</i> (3)	Medidas de Adaptação
17660	3030	Idem	Relva	-	Bordo negundo - <i>Acer negundo</i> (1), Tília europeia - <i>Tilia x vulgaris</i> (5), Tília de folha pequena - <i>Tilia cordata</i> (1)	-	Medidas de Adaptação
	3030	Idem	-	Hebe - <i>Hebe 'Autumn Beauty'</i> (5 pl/m²)	-	Bordo de açúcar - <i>Acer saccharum</i> (3)	Medidas de Adaptação

Nataliia Zonova

ID	CEV	Tipo de Cobertura	Cobertura Relvada	Cobertura Herbáceo-Arbustiva	Árvores Adultas	Novas Plantações (Árvores Jovens)	Notas Adicionais
720	3031	Espaço relvado com árvores e canteiros de arbustos	Relva invadida	-	Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (18), Tipuana - <i>Tipuana tipu</i> (18)	-	
721	3031	Idem	Relva invadida	-	Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (12), Tipuana - <i>Tipuana tipu</i> (10)	-	
911	3031	Idem	Relva invadida	-	Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (6), Tipuana - <i>Tipuana tipu</i> (8)	-	
373	3035	Espaços relvados com árvores e zona de inertes	Relva invadida	Abélia - <i>Linnaea uniflora</i> (sin. <i>Abelia uniflora</i>)	Pinheiro-manso - <i>Pinus pinea</i> (3), Carvalho-sedoso - <i>Grevillea robusta</i> (3), Oliveira - <i>Olea europaea</i> (8), Tília-prateada - <i>Tilia tomentosa</i> (8)	-	
	3035	Idem	Relva invadida	-	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (4)	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (4)	
360	3046	Espaço com inertes e arbustos	Relva invadida	-	Palmeira anã - <i>Chamaerops humilis</i> (9)	-	
371	3049	Espaço relvado com palmeiras	Relva invadida	-	Palmeira canária - <i>Phoenix canariensis</i> (2), Palmeira anã - <i>Chamaerops humilis</i> (7)	-	
723	3057	Espaço relvado com canteiro de arbustos	Relva	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i> (4)	-	-	Medidas de Adaptação
	3058	Espaço relvado com inertes e arbustos	-	Tomilho - <i>Thymus vulgaris</i> (9 pl/m²), Spiraea - <i>Spiraea cantoniensis</i> (3 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
	3058	Idem	-	Tomilho - <i>Thymus vulgaris</i> (9 pl/m²), Spiraea - <i>Spiraea cantoniensis</i> (3 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
338	3070	Espaço relvado com árvores, arbustos, canteiros de arbustos, parque infantil e área de merendas	Relva invadida	Oleandro - <i>Nerium oleander</i> , Loureiro-cereja - <i>Prunus laurocerasus</i> , Zimbro - <i>Juniperus spp.</i>	Plátano - <i>Platanus spp.</i> , Prunus - <i>Prunus spp.</i> , Alamo - <i>Populus spp.</i> , Marmeleiro - <i>Cydonia oblonga</i> , Damasco - <i>Prunus armeniaca</i> , Pinheiro-bravo - <i>Pinus pinaster</i> , Cedro-do-Atlas - <i>Cedrus atlantica</i>	-	
344	3070	Idem	Relva invadida	Rosa - <i>Rosa spp.</i> , Agapanto - <i>Agapanthus spiralis</i> .	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i>	-	
724	3076	Espaço relvado com canteiros de arbustos	-	Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i>	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (3)	-	Medidas de Adaptação
16856	3076	Idem	-	Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i>	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (5)	-	Medidas de Adaptação
444	3078	Espaços relvados com árvores	Relva invadida	-	-	Faia - <i>Fagus sylvatica</i> (2), Ameixeira roxa - <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (1), Choupo negro - <i>Populus nigra</i> (1)	
722	3078	Idem	Relva invadida	-	Choupo negro - <i>Populus nigra</i> (2), Ameixeira roxa - <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (3)	Faia - <i>Fagus sylvatica</i> (1), Liquidâmbar - <i>Liquidambar styraciflua</i> (1), Choupo negro - <i>Populus nigra</i> (4), Casuarina - <i>Casuarina equisetifolia</i> (1), Carvalho vermelho - <i>Quercus rubra</i> (1), Ameixeira roxa - <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (1)	
908	3078	Idem	Relva invadida	-	Acer Negundo - <i>Acer negundo</i> (1), Ameixeira roxa - <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (1), Choupo negro - <i>Populus nigra</i> (1)	Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (9), Cedro do Líbano - <i>Cedrus libani</i> (1), Ameixeira roxa - <i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (5)	
909	3078	Idem	Relva invadida	-	-	-	
359	3084	Espaços relvados com flores	Gramma - <i>Poa spp.</i>	Calêndula - <i>Calendula officinalis</i>	-	-	
478	3084	Idem	Relva invadida	Cica - <i>Cycas revoluta</i> (2)	-	-	
345	3091	Espaço relvado com árvores e canteiros de arbustos	Relva invadida	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	-	-	
346	3091	Idem	Relva invadida	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i>	-	-	

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

ID	CEV	Tipo de Cobertura	Cobertura Relvada	Cobertura Herbáceo-Arbustiva	Árvores Adultas	Novas Plantações (Árvores Jovens)	Notas Adicionais
	3091	Idem	-	Leptospermum - <i>Leptospermum scoparium</i> (3 pl/m²), Lonicera - <i>Lonicera japonica</i> (7/m2)	-	-	Medidas de Adaptação
	3091	Idem	-	Leptospermum - <i>Leptospermum scoparium</i> (3 pl/m²), Lonicera - <i>Lonicera japonica</i> (7/m2)	-	-	Medidas de Adaptação
17256	3140	Espaço relvado com árvores e arbustos	-	Astilbe - <i>Astilbe japonica</i> (9 pl/m²) Vinca - <i>Vinca sp.</i> (9 pl/m²)	Carvalho sedoso - <i>Grevillea robusta</i> (13), Falso cipreste - <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (21)	-	Medidas de Adaptação
17257	3140	Idem	-	Astilbe - <i>Astilbe japonica</i> (9 pl/m²) Vinca - <i>Vinca sp.</i> (9 pl/m²)	Carvalho sedoso - <i>Grevillea robusta</i> (14), Falso cipreste - <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (10)	-	Medidas de Adaptação
	3140	Idem	-	Alecrim - <i>Rosmarinus officinalis</i> (5 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
	3140	Idem	-	Astilbe - <i>Astilbe japonica</i> (9 pl/m²), Hebe - <i>Hebe 'Autumn Beauty'</i> (5 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
	3140	Idem	-	Gramma azul - <i>Festuca glauca</i> (13 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
	3140	Idem	-	Santolina - <i>Santolina chamaecyparissus</i> (5 pl/m²)	-	-	Medidas de Adaptação
14856	3142	Espaço relvado com árvores e arbustos	Prado de sequeiro, relva invadida	Gramma preta - <i>Ophiopogon japonicus</i> (13 pl/m²), Rosmaninho - <i>Lavandula stoechas</i> (13 pl/m²), Gramma azul - <i>Festuca glauca</i> (13 pl/m²), Santolina - <i>Santolina chamaecyparissus</i> (13 pl/m²), Alecrim - <i>Rosmarinus officinalis prostratus</i> (13 pl/m²), Alfazema - <i>Lavandula angustifolia</i> (3 pl/m², ≈ 0.60 m), Folhado - <i>Viburnum tinus</i> (3 pl/m², Ø 1.00 m)	Sobreiro - <i>Quercus suber</i> (4), Freixo do norte - <i>Fraxinus excelsior</i> (2), Pinheiro-manso - <i>Pinus pinea</i> (2), Espinheiro-da-Virgínia - <i>Gleditsia triacanthos</i> (1).	Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (13+5), Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (17+6), Azinheira - <i>Quercus ilex</i> (1), Sobreiro - <i>Quercus suber</i> (1),	Medidas de Adaptação
1	8001	Espaço relvado com árvores e arbustos	Relva invadida	-	Choupo branco - <i>Populus alba</i> (2), Alfenheiro - <i>Ligustrum lucidum</i> (1), Palmeira excelsa - <i>Trachycarpus fortunei</i> (1), Olaia - <i>Cercis siliquastrum</i> (1), Cipreste - <i>Cupressus sempervirens</i> (1)	-	
84	8001	Idem	Relva invadida	-	Abeto falso - <i>Picea abies</i> (1), Folhado - <i>Viburnum tinus</i> (1), Alfenheiro - <i>Ligustrum lucidum</i> (1), Hibisco - <i>Hibiscus syriacus</i> (5), Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (1), Cipreste - <i>Cupressus sempervirens</i> (1)	-	
85	8001	Idem	Relva invadida	-	Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (2), Tabaqueira - <i>Solanum mauritianum</i> (1), Palmeira canária - <i>Phoenix canariensis</i> (3), Faia da Holanda - <i>Pittosporum tobira</i> (1), Acer Negundo - <i>Acer negundo</i> (1), Aroeira mansa - <i>Schinus molle</i> (1), Hibisco - <i>Hibiscus syriacus</i> (4), Alfenheiro da China - <i>Ligustrum sinense</i> (1), Arvore da borracha - <i>Ficus elastica</i> (1), Romazeira - <i>Punica granatum</i> (1)	-	
86	8001	Idem	Relva invadida	-	Araucária de Norfolk - <i>Araucaria heterophylla</i> (1), Pinheiro-manso - <i>Pinus pinea</i> (4)	-	
58	8016	Espaço relvado com árvores e arbustos	Relva invadida	-	Arvore de Júpiter - <i>Lagerstroemia indica</i> (10), Jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i> (5), Cipreste - <i>Cupressus sempervirens</i> (4), Pinheiro-manso - <i>Pinus pinea</i> (7), Nespereira - <i>Eriobotrya japonica</i> (6), Catalpa - <i>Catalpa bignonioides</i> (3), Cinamomo - <i>Melia azedarach</i> (5), Ameixoeira - <i>Prunus domestica</i> (2), Laranjeira - <i>Citrus sinensis</i> (2), Tília de folha pequena - <i>Tilia cordata</i> (1), Tília de folha grande - <i>Tilia platyphyllos</i> (1), Limoeiro - <i>Citrus limon</i> (1), Arvore do Incenso - <i>Pittosporum undulatum</i> (2), Acácia branca - <i>Robinia pseudoacacia</i> (1), Marmeleiro - <i>Cydonia oblonga</i> (1), Macieira - <i>Malus domestica</i> (1), Macieira brava - <i>Malus sylvestris</i> (1), Lódão-bastardo - <i>Celtis australis</i> (1), Pereira - <i>Pyrus communis</i> (2), Oliveira - <i>Olea europea</i> (1), Cipreste português - <i>Cupressus lusitanica</i> (1), Palma-mexicana - <i>Washingtonia robusta</i> (1), Plátano - <i>Platanus x acerifolia</i> (2)	-	

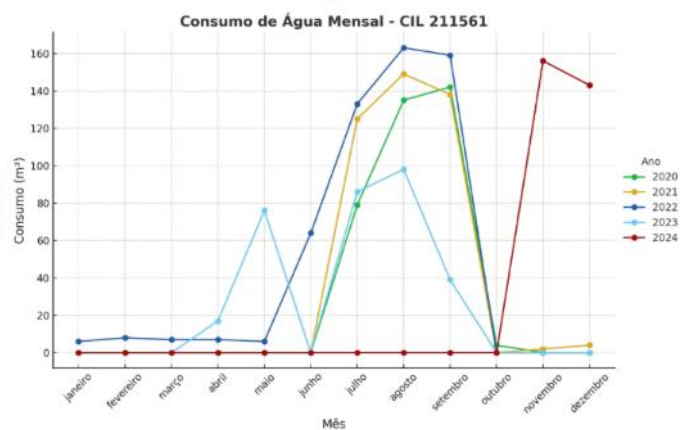
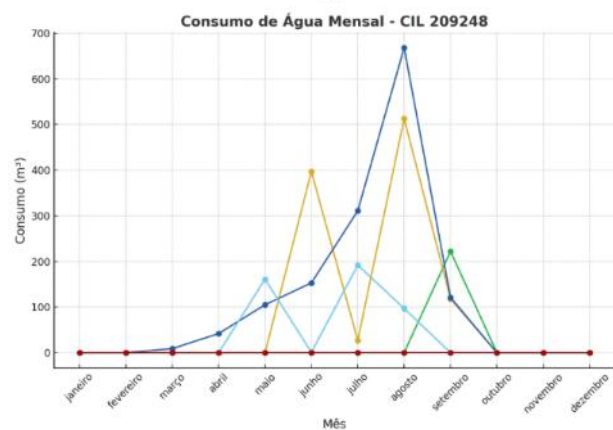
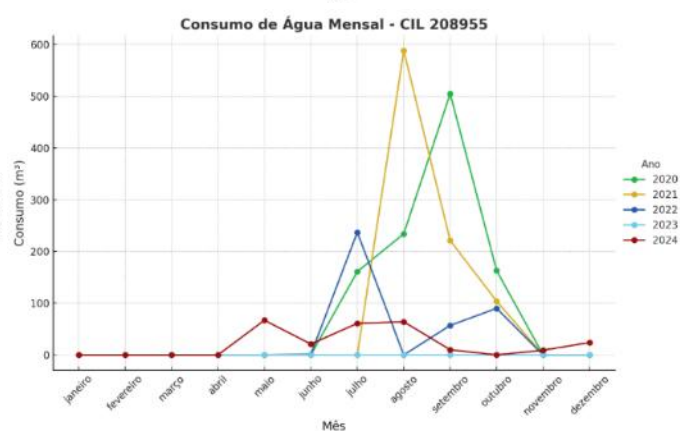
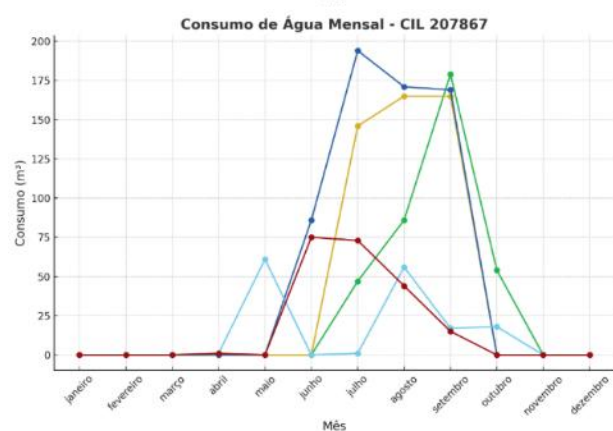
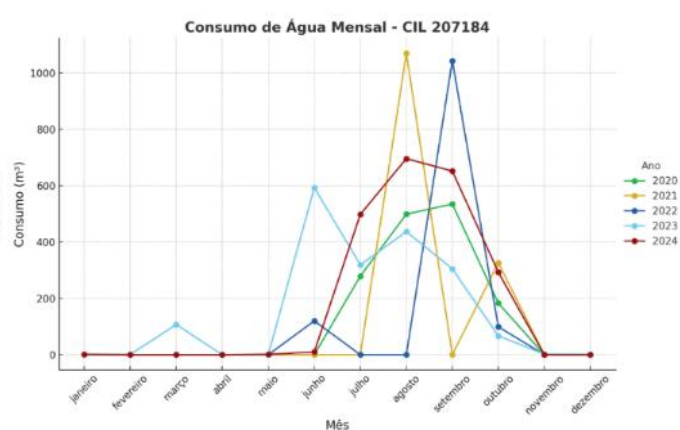
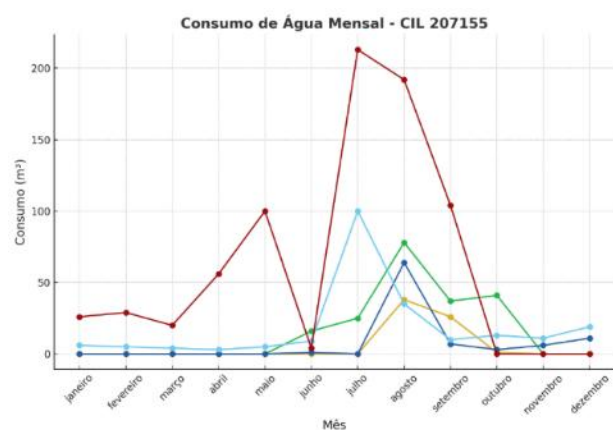
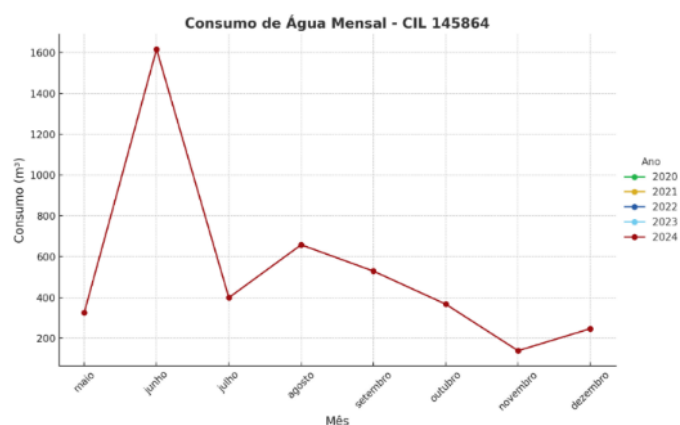
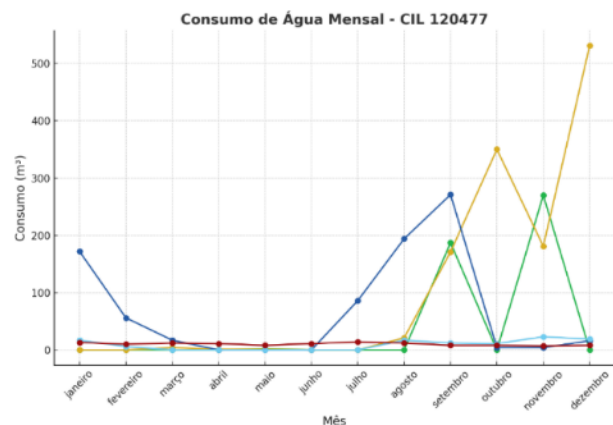
Apêndice 5 Custos de Manutenção Anuais dos Espaços Verdes da Zona de Estudo

CEV	Responsável pela Manutenção	Observações/Notas de Manutenção	Custo de Manutenção (€, 2022)					Custo de Manutenção (€, 2023)					Custo de Manutenção (€, 2024)				
			Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Notas	Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Notas	Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Notas
			Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas		Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas		Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas	
3018	CMC		769,37 €	40,35 €				1 119,55 €	47,79 €				1 376,95 €	73,08 €			
3020	CMC	Roturas no sistema de rega	487,38 €	183,14 €	10,04 €	1,00 €		334,18 €	131,98 €	19,64 €	2,00 €		612,86 €	210,86 €	42,36 €	5,00 €	
3021	CMC	Manutenção manual de herbáceas e arbustos com corta-sebes	116,92 €	2,36 €				288,40 €	16,59 €				566,02 €	22,82 €			
3022	CMC		1 006,97 €	50,12 €	27,07 €	1,00 €		1 504,24 €	74,48 €	28,75 €	1,00 €		1 249,01 €	69,06 €	74,88 €	6,00 €	
3030	CMC		3 761,76 €	167,42 €	27,07 €	1,00 €		1 442,49 €	73,81 €	28,75 €	1,00 €		681,39 €	15,49 €	669,31 €	26,00 €	Obras Metro de Rega
3031	CMC	Raízes das árvores provocam roturas, cortes, vandalismo e roubo	6 234,74 €	318,99 €	4 627,59 €	206,00 €		5 071,56 €	245,62 €	373,52 €	25,00 €		4 576,13 €	233,00 €	819,09 €	25,00 €	
3035	CMC	Sistema de rega mal dimensionado, com roturas e problemas nas raízes	1 372,68 €	60,69 €	135,35 €	5,00 €		516,72 €	22,89 €	1 428,67 €	62,00 €	Obras Metro de Rega	436,19 €	21,81 €	114,38 €	6,00 €	
3046	CMC		718,84 €	24,95 €				295,48 €	13,60 €	0,00 €	0,00 €		244,56 €	11,77 €			
3049	CMC		1 003,31 €	51,61 €	27,07 €	1,00 €		1 036,18 €	45,48 €	28,75 €	1,00 €		728,33 €	32,80 €	22,88 €	1,00 €	
3057	CMC	Manutenção executada por empresa privada após obras	243,72 €	8,91 €	27,07 €	1,00 €						Obras (empresa Privada)					Obras (empresa Privada)
3058	CMC		929,59 €	28,40 €	27,07 €	1,00 €		1 238,89 €	51,60 €	28,75 €	1,00 €		327,32 €	7,00 €			Obras Metro
3070	Outras entidades	Manutenção realizada pela igreja			45,08 €	2,00 €				28,75 €	1,00 €				32,23 €	1,00 €	
3076	CMC	Manutenção executada por empresa privada após obras	1 265,04 €	24,65 €	103,47 €	2,00 €						Obras (empresa Privada)					Obras (empresa Privada)
3078	CMC	Cortes nos bicos dos aspersores	3 005,31 €	113,11 €	54,14	18,9		2 710,91 €	127,62 €	55,95 €	3,00 €		1 976,74 €	96,63 €	125,64 €	4,04 €	
3084	CMC	Flores de época plantadas	2 066,45 €	91,51 €	88,20 €	4,00 €		2 027,84 €	94,72 €	37,30 €	2,00 €		2 177,84 €	88,17 €	122,05 €	5,00 €	
3091	CMC	Roturas no sistema de rega	4 062,41 €	164,53 €	10,04 €	1,00 €		239,56 €	6,96 €	10,84 €	1,00 €		1 254,67 €	40,69 €	12,48 €	1,00 €	
3140	CMC	Manutenção manual													286,06 €	9,00 €	
3142	CMC	Manutenção manual											3 729,01 €	133,45 €			
8001	Condomínio																
8016	Junta de freguesia																

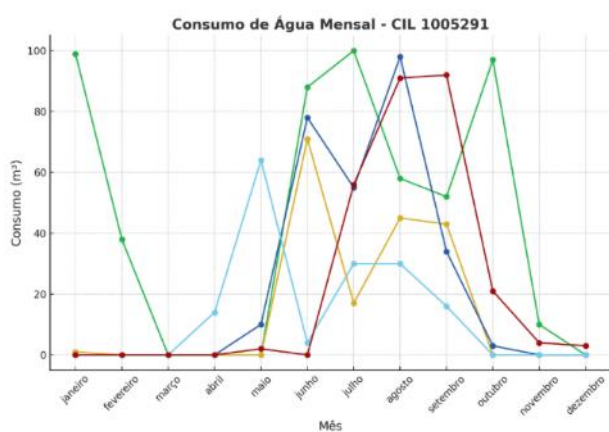
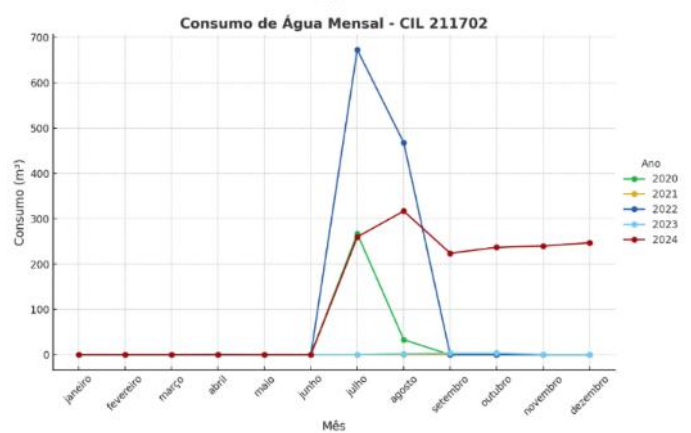
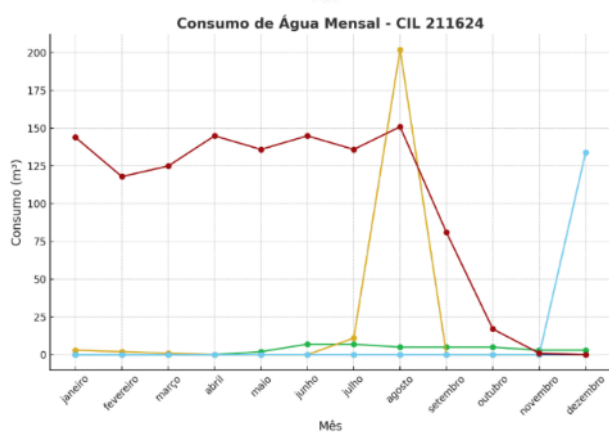
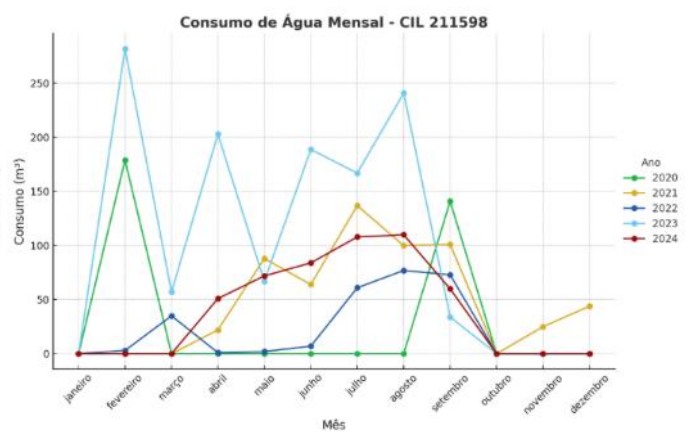
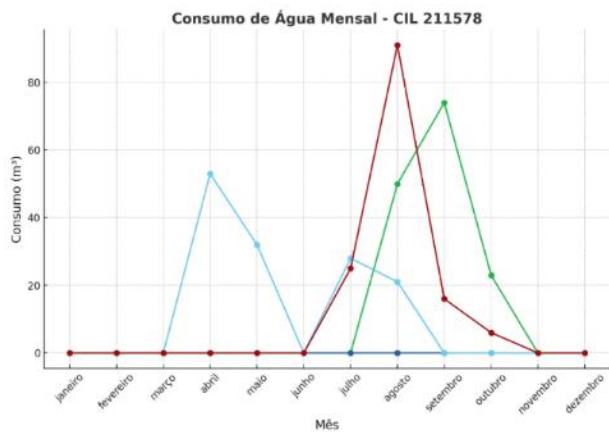
Apêndice 6 Custos de Manutenção Anuais por m² dos Espaços Verdes da Zona de Estudo

CEV	Custo Unitário (€/m², 2022)					Custo Unitário (€/m², 2023)					Custo Unitário (€/m², 2024)				
	Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Custo por m² Total	Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Custo por m² Total	Custo com Espaço Verde		Custo com Sistema de Rega		Custo por m² Total
	Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas		Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas		Mão de Obra	Máquinas	Mão de Obra	Máquinas	
3018	0,79 €	0,04 €			0,83 €	1,15 €	0,05 €			1,20 €	1,41 €	0,07 €			1,49 €
3020	0,71 €	0,27 €	0,01 €		1,00 €	0,49 €	0,19 €	0,03 €		0,71 €	0,90 €	0,31 €	0,06 €	0,01 €	1,27 €
3021	0,13 €				0,13 €	0,32 €	0,02 €			0,34 €	0,64 €	0,03 €			0,66 €
3022	1,44 €	0,07 €	0,04 €		1,55 €	2,15 €	0,11 €	0,04 €		2,29 €	1,78 €	0,10 €	0,11 €	0,01 €	2,00 €
3030	1,73 €	0,17 €	0,03 €		1,82 €	0,66 €	0,03 €	0,01 €		0,71 €	0,31 €	0,01 €	0,31 €	0,01 €	0,64 €
3031	2,08 €	0,33 €	4,74 €	0,21 €	3,80 €	1,69 €	0,08 €	0,12 €	0,01 €	1,91 €	1,53 €	0,08 €	0,27 €	0,01 €	1,89 €
3035	1,50 €	0,06 €	0,14 €	0,01 €	1,72 €	0,57 €	0,03 €	1,57 €	0,07 €	2,22 €	0,48 €	0,02 €	0,13 €	0,01 €	0,63 €
3046	1,35 €	0,03 €			1,40 €	0,56 €	0,03 €			0,58 €	0,46 €	0,02 €			0,48 €
3049	2,69 €	0,05 €	0,03 €		2,90 €	2,78 €	0,12 €	0,08 €		2,98 €	1,95 €	0,09 €	0,06 €		2,10 €
3057	0,82 €	0,01 €	0,03 €		0,95 €										
3058	1,68 €	0,03 €	0,03 €		1,79 €	2,25 €	0,09 €	0,05 €		2,39 €	0,59 €	0,01 €			0,61 €
3070			0,05 €		0,03 €			0,02 €		0,02 €			0,02 €		0,02 €
3076	3,99 €	0,03 €	0,11 €		4,40 €										
3078	0,67 €	0,12 €	0,06 €	0,02 €	0,71 €	0,61 €	0,03 €	0,01 €		0,65 €	0,44 €	0,02 €	0,03 €		0,49 €
3084	6,51 €	0,09 €	0,09 €		7,09 €	6,39 €	0,30 €	0,12 €	0,01 €	6,81 €	6,86 €	0,28 €	0,38 €	0,02 €	7,54 €
3091	22,16 €	0,17 €	0,01 €		23,12 €	1,31 €	0,04 €	0,06 €	0,01 €	1,41 €	6,84 €	0,22 €	0,07 €	0,01 €	7,14 €
3140													0,38 €	0,01 €	0,39 €
3142											1,02 €	0,04 €			1,05 €

Apêndice 7 Consumos de Água Mensal por contadores (2020-2024)



Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos



Apêndice 8 Perdas Mensais e Anuais nos Espaços Verdes da Zona de Estudo

CEVs dos espaços da rega	Nº Contador	Código CIL	Consumo Anual de Água por contador (m³)		Perdas Detetadas com Base na Análise de Picos de Consumo (m³) 2023												Perdas 2024 (m³)	Perdas 2024 (€)	Média Perdas 2023 (%)	Perdas Detetadas com Base na Análise de Picos de Consumo (m³) 2024												Perdas 2024 (m³)	Perdas 2024 (€)	Média Perdas 2024 (%)	
			2023	2024	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez				jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez				
3018	21BB038365	211578	134	144				4	2		2						8	14,9 €	6,0%									6	6		12	22,3 €	8,3%		
3020	17JB048202	207155	220	744	6	5	4	3	5	9	89	34	10	13	11	19	208	386,5 €	94,5%	26	29	20	56	99	4	212	189	103				738	1 371,3 €	99,2%	
3022	21BB001777	211624	134	1044												134	134	249,0 €	100%	144	118	125										387	719,1 €	37,1%	
3030 + 3091	21BB011941	145864	-	4281	Obras												-	-	-					94	326	1488	298	560	433	367	139	247	3952	7 343,1 €	92,3%
3031	20BD065364	209248	451	-					87	1	118	4					210	390,2 €	46,6%	Contador avariado												-	-	-	
3035 + 3140	20BD065361	211702	11	1525				1				2	4	4			11	20,4 €	100%							260	301	175	237	240	247	1460	2 712,8 €	95,7%	
3049	17JB048257	207867	154	208				1	0,48		1	0,68	0,32	0,27			4	7,0 €	2,4%					1,0		0,10	0,49					2	3,0 €	0,8%	
3057 + 3076	20JB032059	211598	1240	485		282	57	47									386	717,2 €	31,1%					0,02	0,09			0,06	0,48				1	1,2 €	0,1%
3058	15JB043499	211561	316	300				17	12		3	5	4				41	76,2 €	13,0%										156	143	1	300	557,4 €	100%	
3070	21BB001728	120477	105	122											4,1	5,0	4,3	13	24,9 €	12,8%	3,9	4,1	5			0,9		2,8				17	31,6 €	13,9%	
3078	21BB038372	207184	1832	2151		1	107			9					67	2	1	187	347,5 €	10,2%	1				1	10				293			305	566,7 €	14,2%
3084	15JB043443	1005291	158	269				14									14	26,0 €	8,9%					2				30		4	3	32	59,5 €	11,9%	

Legenda

	Novas zonas com medidas de adaptação
	Ciclos de rega no inverno
	Fugas com ciclos de rega no inverno

Apêndice 9 Caracterização e Coeficientes Aplicados nas Zonas Analisadas

CEV	Área de Rega (m²)	Tipo de Espaço	Cobertura Relvada	Ke Relva	Cobertura Herbáceo-Arbustiva	Ke Herbáceo-Arbustiva	Árvores	Ke Árvores	Ke aplicado	Kd aplicado	Km aplicado	Ks aplicado	Método de Rega	Ef aplicado
3018	176,2	Espaço relvado com árvores	Relva invadida	0,75	-	-	Araucária de Norfolk - <i>Araucaria heterophylla</i> (1), Magnólia - <i>Magnolia spp.</i> (2), <i>Pyrus</i> - <i>Pyrus calleryana</i> (2), Cinamomo - <i>Melia azedarach</i> (2)	0,5/0,5/0,4/0,17	0,75	1	1,2	0,9	Aspersão	0,75
3049	373,06	Espaço relvado com palmeiras	Relva invadida	0,75	-	-	Palmeira canária - <i>Phoenix canariensis</i> (2), Palmeira anã - <i>Chamaerops humilis</i> (7)	0,4/0,3	0,75	1	1	0,9	Aspersão	0,75
3057	273,74	Espaço relvado com canteiro de arbustos	Relva	0,85	Tuia - <i>Thuja occidentalis</i> (4)	0,5	-	-	0,85	1	1,2	0,9	Pulverizadores	0,75
3076 (1)	158,87	Espaço relvado com canteiros de arbustos	-	-	Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i>	0,45	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (3)	0,4	0,45	1	1,3	0,9	Gota-a-gota	0,9
	16	Árvores de rua com 3076 (1)	-	-	-	-	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (5), Tilia - <i>Tilia cortada</i> (10), Magnólia - <i>Magnolia grandiflora</i> (4)	0,4/0,5/0,56	0,56	0,5	1,4	0,9	Gota-a-gota (anel)	0,9
3076 (2)	159,78	Espaço relvado com canteiros de arbustos	-	-	Salvia-rosmarinho - <i>Salvia rosmarinus</i>	0,45	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (3)	0,4	0,45	1	1,3	0,9	Gota-a-gota	0,9
	9	Árvores de rua com 3076 (2)	-	-	-	-	Ameixoeira de jardim - <i>Prunus cerasifera</i> (2), Tilia Cortada (7)	0,4/0,5	0,5	0,5	1,4	0,75/0,9	Gota-a-gota (anel)	0,9
3084	307	Espaços relvados com flores	Grama - Poa spp.	0,6	Calêndula - <i>Calendula officinalis</i>	0,5	-	-	0,6	1	1,2	0,9	Pulverizadores	0,75

Apêndice 10 Comparação entre médias observadas (2015-2024) e valores climatológicos de referência (FAO CLIMWAT, 1980-2000)

Mês	ET ₀ observada (mm/dia) - Média 2015-2024	Nº de anos com dados completos	Anos utilizados no cálculo	ET ₀ de referência (FAO CLIMWAT) (mm/dia)	ET ₀ final utilizada (mm/dia)
Janeiro	1,06	6	2015, 2017, 2018, 2021, 2023, 2024	1,35	1,06
Fevereiro	1,83	3	2021, 2023, 2024	1,86	1,86
Março	2,44	5	2016, 2021, 2022, 2023, 2024	2,51	2,44
Abril	3,63	6	2017, 2019, 2021, 2022, 2023, 2024	3,21	3,63
Mai	4,32	9	2015-2019, 2021-2024	3,89	4,32
Junho	4,79	9	2015-2019, 2021-2024	4,66	4,79
Julho	5,66	6	2016, 2017, 2018, 2021, 2023, 2024	5,28	5,66
Agosto	5,01	9	2015-2019, 2021-2024	5,06	5,01
Setembro	3,9	8	2016-2019, 2020, 2021, 2023, 2024	3,85	3,9
Outubro	2,26	9	2015-2019, 2021-2024	2,6	2,26
Novembro	1,39	9	2015-2019, 2021-2024	1,65	1,39
Dezembro	1,02	7	2015, 2016, 2017, 2021-2024	1,26	1,02

Apêndice 11 Cálculos Detalhados das Necessidades Hídricas e Consumos Reais (2024)

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3018

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias (n)	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e (mm/mês)	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f (mm/mês)	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)	CIL 211578 Consumo real 2024 (m³/mês)	CIL 211578 Redução potencial (%)
Jan	1,06	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	26,62	107,8	89,21	0,00	0,8	0,00	176,2	0,00			48%
Fev	1,86	28	0,8	1	1,2	0,9	0,9	42,18	85,7	73,95	0,00	0,8	0,00	176,2	0,00			
Mar	2,44	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	61,27	60,9	54,97	6,30	0,8	8,40	176,2	1,48	5%		
Abr	3,63	30	0,8	1	1,2	0,9	0,9	88,21	87,4	75,18	13,03	0,8	17,37	176,2	3,06	10%		
Mai	4,32	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	108,48	68,7	61,15	47,33	0,8	63,10	176,2	11,12	36%		
Jun	4,79	30	0,8	1	1,2	0,9	0,9	116,40	32,6	30,90	85,50	0,8	114,00	176,2	20,09	65%		
Jul	5,66	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	142,12	10,9	10,71	131,41	0,8	175,22	176,2	30,87	100%	25	
Ago	5,01	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	125,80	14,1	13,78	112,02	0,8	149,36	176,2	26,32	85%	91	
Set	3,9	30	0,8	1	1,2	0,9	0,9	94,77	51,8	47,51	47,26	0,8	63,02	176,2	11,10	36%	16	
Out	2,26	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	56,75	116,8	94,97	0,00	0,8	0,00	176,2	0,00			
Nov	1,39	30	0,8	1	1,2	0,9	0,9	33,78	118,1	95,78	0,00	0,8	0,00	176,2	0,00			
Dez	1,02	31	0,8	1	1,2	0,9	0,9	25,61	126,2	100,72	0,00	0,8	0,00	176,2	0,00			
														ANO:	68		132	

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3049

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e (mm/mês)	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f (mm/mês)	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)	CIL 207867 Consumo real 2024 (m³/mês)	CIL 207867 Redução potencial (%)
Jan	1,06	31	0,8	1	1	0,75	0,9	22,18	107,8	89,21	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			29%
Fev	1,86	28	0,8	1	1	0,75	0,9	35,15	85,7	73,95	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
Mar	2,44	31	0,8	1	1	0,75	0,9	51,06	60,9	54,97	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
Abr	3,63	30	0,8	1	1	0,75	0,9	73,51	87,4	75,18	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
Mai	4,32	31	0,8	1	1	0,75	0,9	90,40	68,7	61,15	29,25	0,8	39,00	373,1	14,55	27%		
Jun	4,79	30	0,8	1	1	0,75	0,9	97,00	32,6	30,90	66,10	0,8	88,13	373,1	32,88	61%	74,9	
Jul	5,66	31	0,8	1	1	0,75	0,9	118,44	10,9	10,71	107,73	0,8	143,63	373,1	53,58	100%	72,5	
Ago	5,01	31	0,8	1	1	0,75	0,9	104,83	14,1	13,78	91,05	0,8	121,40	373,1	45,29	85%	44,0	
Set	3,9	30	0,8	1	1	0,75	0,9	78,98	51,8	47,51	31,47	0,8	41,96	373,1	15,65	29%	15,0	
Out	2,26	31	0,8	1	1	0,75	0,9	47,29	116,8	94,97	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
Nov	1,39	30	0,8	1	1	0,75	0,9	28,15	118,1	95,78	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
Dez	1,02	31	0,8	1	1	0,75	0,9	21,34	126,2	100,72	0,00	0,8	0,00	373,1	0,00			
														ANO:	147		206,4	

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3057

**3057 + 3076(1) + 3076(2) +
Árvores**

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)	Volume total CIL 211598 (m³/mês)	CIL 211598 Consumo real 2024 (m³/mês)	CIL 211598 Redução potencial (%)
Jan	1,06	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	30,17	107,8	89,21	0,00	0,8	0,00	273,7	0,00		0,00		44%
Fev	1,86	28	0,9	1	1,2	1,02	0,9	47,81	85,7	73,95	0,00	0,8	0,00	273,7	0,00		0,00		
Mar	2,44	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	69,44	60,9	54,97	14,47	0,8	19,30	273,7	5,28	10%	5,28		
Abr	3,63	30	0,9	1	1,2	1,02	0,9	99,97	87,4	75,18	24,79	0,8	33,06	273,7	9,05	16%	9,05	51,0	
Mai	4,32	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	122,94	68,7	61,15	61,79	0,8	82,39	273,7	22,55	41%	25,87	71,9	
Jun	4,79	30	0,9	1	1,2	1,02	0,9	131,92	32,6	30,90	101,02	0,8	134,69	273,7	36,87	67%	53,21	84	
Jul	5,66	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	161,07	10,9	10,71	150,36	0,8	200,48	273,7	54,88	100%	85,15	108	
Ago	5,01	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	142,57	14,1	13,78	128,79	0,8	171,72	273,7	47,01	86%	72,16	109,9	
Set	3,9	30	0,9	1	1,2	1,02	0,9	107,41	51,8	47,51	59,90	0,8	79,87	273,7	21,86	40%	26,85	59,5	
Out	2,26	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	64,32	116,8	94,97	0,00	0,8	0,00	273,7	0,00		0,00		
Nov	1,39	30	0,9	1	1,2	1,02	0,9	38,28	118,1	95,78	0,00	0,8	0,00	273,7	0,00		0,00		
Dez	1,02	31	0,9	1	1,2	1,02	0,9	29,03	126,2	100,72	0,00	0,8	0,00	273,7	0,00		0,00		
ANO:																	272	484,36	

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3076 (1)

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)
Jan	1,06	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	17,30	107,8	89,21	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Fev	1,86	28	0,5	1	1,3	0,585	0,9	27,42	85,7	73,95	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Mar	2,44	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	39,82	60,9	54,97	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Abr	3,63	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	57,34	87,4	75,18	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Mai	4,32	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	70,51	68,7	61,15	9,36	0,9	10,40	158,9	1,65	11%
Jun	4,79	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	75,66	32,6	30,90	44,76	0,9	49,73	158,9	7,90	55%
Jul	5,66	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	92,38	10,9	10,71	81,67	0,9	90,74	158,9	14,42	100%
Ago	5,01	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	81,77	14,1	13,78	67,99	0,9	75,54	158,9	12,00	83%
Set	3,9	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	61,60	51,8	47,51	14,09	0,9	15,66	158,9	2,49	17%
Out	2,26	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	36,89	116,8	94,97	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Nov	1,39	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	21,96	118,1	95,78	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	
Dez	1,02	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	16,65	126,2	100,72	0,00	0,9	0,00	158,9	0,00	

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3076 (2)

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	Ke	Kd	Km	Kj = Ke×Kd×Km	Ks	ETc real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	Pe	NIR = ETc–Pe	Ef	Nec. Bruta = NIR/Ef	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)
Jan	1,06	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	17,30	107,8	89,21	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Fev	1,86	28	0,5	1	1,3	0,585	0,9	27,42	85,7	73,95	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Mar	2,44	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	39,82	60,9	54,97	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Abr	3,63	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	57,34	87,4	75,18	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Mai	4,32	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	70,51	68,7	61,15	9,36	0,9	10,40	159,8	1,66	11%
Jun	4,79	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	75,66	32,6	30,90	44,76	0,9	49,73	159,8	7,95	55%
Jul	5,66	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	92,38	10,9	10,71	81,67	0,9	90,74	159,8	14,50	100%
Ago	5,01	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	81,77	14,1	13,78	67,99	0,9	75,54	159,8	12,07	83%
Set	3,9	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	61,60	51,8	47,51	14,09	0,9	15,66	159,8	2,50	17%
Out	2,26	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	36,89	116,8	94,97	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Nov	1,39	30	0,5	1	1,3	0,585	0,9	21,96	118,1	95,78	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	
Dez	1,02	31	0,5	1	1,3	0,585	0,9	16,65	126,2	100,72	0,00	0,9	0,00	159,8	0,00	

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3076 (1) - Arvores

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	Ke	Kd	Km	Kj = Ke×Kd×Km	Ks	ETc real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	Pe	NIR = ETc–Pe	Ef	Nec. Bruta = NIR/Ef	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)
Jan	1,06	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	11,59	107,8	89,21	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Fev	1,86	28	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	18,37	85,7	73,95	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Mar	2,44	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	26,69	60,9	54,97	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Abr	3,63	30	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	38,42	87,4	75,18	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Mai	4,32	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	47,25	68,7	61,15	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Jun	4,79	30	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	50,70	32,6	30,90	19,80	0,9	22,00	16	0,352	39%
Jul	5,66	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	61,90	10,9	10,71	51,19	0,9	56,88	16	0,910	100%
Ago	5,01	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	54,79	14,1	13,78	41,01	0,9	45,57	16	0,729	80%
Set	3,9	30	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	41,28	51,8	47,51	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Out	2,26	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	24,72	116,8	94,97	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Nov	1,39	30	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	14,71	118,1	95,78	0,00	0,9	0,00	16	0,000	
Dez	1,02	31	0,6	0,5	1,4	0,392	0,9	11,16	126,2	100,72	0,00	0,9	0,00	16	0,000	

Gestão Sustentável de Espaços Verdes Urbanos em Coimbra: Abordagens para a Otimização de Recursos Hídricos

Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3076 (2) - Árvores

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)
Jan	1,06	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,8	8,63	107,8	89,21	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Fev	1,86	28	0,5	0,5	1,4	0,35	0,8	13,67	85,7	73,95	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Mar	2,44	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,8	19,86	60,9	54,97	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Abr	3,63	30	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	34,30	87,4	75,18	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Mai	4,32	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	42,18	68,7	61,15	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Jun	4,79	30	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	45,27	32,6	30,90	14,37	0,9	15,96	9	0,144	32%
Jul	5,66	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	55,27	10,9	10,71	44,56	0,9	49,51	9	0,446	100%
Ago	5,01	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	48,92	14,1	13,78	35,14	0,9	39,05	9	0,351	79%
Set	3,9	30	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	36,86	51,8	47,51	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Out	2,26	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,8	18,39	116,8	94,97	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Nov	1,39	30	0,5	0,5	1,4	0,35	0,8	10,95	118,1	95,78	0,00	0,9	0,00	9	0,000	
Dez	1,02	31	0,5	0,5	1,4	0,35	0,9	9,96	126,2	100,72	0,00	0,9	0,00	9	0,000	

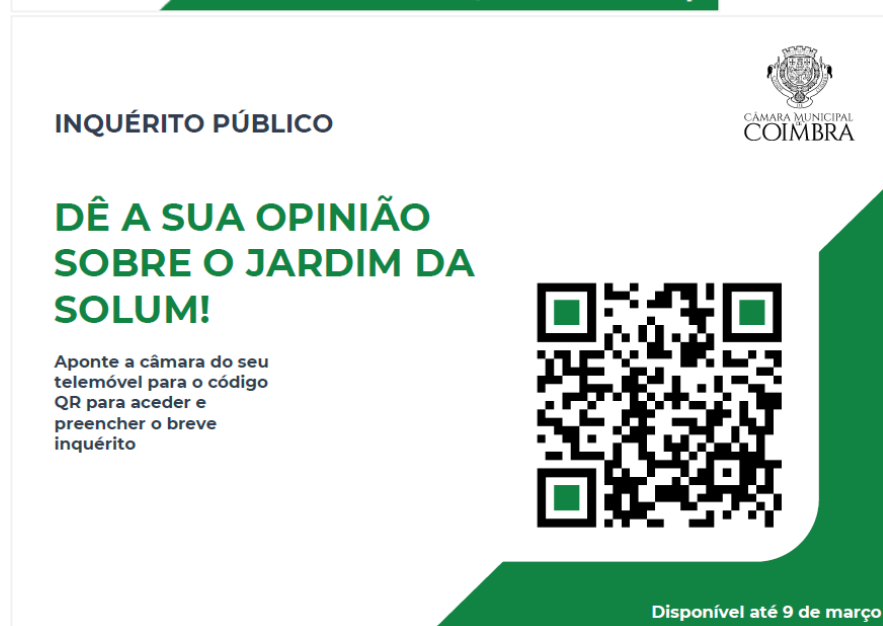
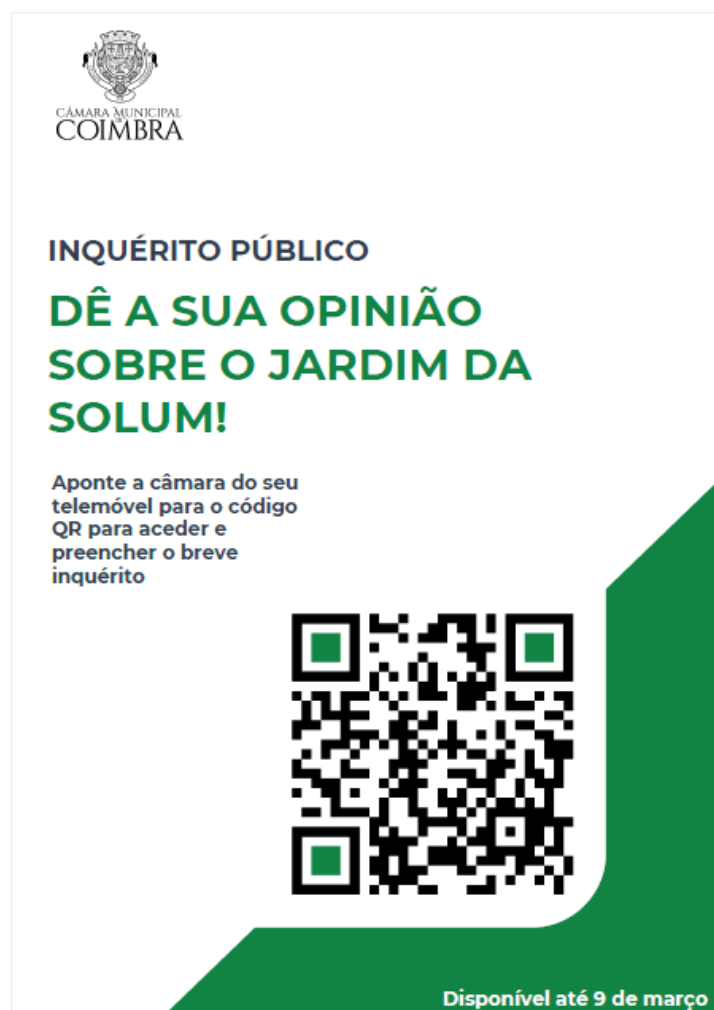
Cálculo da Necessidade de Água para Rega na Zona 3084

Mês	ET ₀ (mm/dia)	Dias	K _e	K _d	K _m	K _j = K _e ×K _d ×K _m	K _s	ET _c real (mm/mês)	P (mm/mês) [197]	P _e	NIR = ET _c –P _e	E _f	Nec. Bruta = NIR/E _f	Área (m²)	Volume total (m³/mês)	Ajuste sazonal (%)	CIL 211578 Consumo real 2024 (m³/mês)	CIL 211578 Redução potencial (%)
Jan	1,06	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	21,29	107,8	89,21	0,00	0,8	0,00	307	0,00			61%
Fev	1,86	28	0,6	1	1,2	0,72	0,9	33,75	85,7	73,95	0,00	0,8	0,00	307	0,00			
Mar	2,44	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	49,01	60,9	54,97	0,00	0,8	0,00	307	0,00			
Abr	3,63	30	0,6	1	1,2	0,72	0,9	70,57	87,4	75,18	0,00	0,8	0,00	307	0,00			
Mai	4,32	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	86,78	68,7	61,15	25,63	0,8	34,18	307	10,49	25%		
Jun	4,79	30	0,6	1	1,2	0,72	0,9	93,12	32,6	30,90	62,22	0,8	82,96	307	25,47	60%		
Jul	5,66	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	113,70	10,9	10,71	102,99	0,8	137,32	307	42,16	100%	56	
Ago	5,01	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	100,64	14,1	13,78	86,86	0,8	115,81	307	35,55	84%	91	
Set	3,9	30	0,6	1	1,2	0,72	0,9	75,82	51,8	47,51	28,31	0,8	37,75	307	11,59	27%	62	
Out	2,26	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	45,40	116,8	94,97	0,00	0,8	0,00	307	0,00		21	
Nov	1,39	30	0,6	1	1,2	0,72	0,9	27,02	118,1	95,78	0,00	0,8	0,00	307	0,00			
Dez	1,02	31	0,6	1	1,2	0,72	0,9	20,49	126,2	100,72	0,00	0,8	0,00	307	0,00			
														ANO:	89		230	

Apêndice 12 Inquéritos Aplicados

Apêndice 12.1

Exemplos de Cartazes de Divulgação com QR Codes



Apêndice 12.2 Inquérito Rápido: Perceção Espontânea dos Utilizadores do Jardim



CÂMARA MUNICIPAL
COIMBRA

INQUÉRITO SOBRE A REQUALIFICAÇÃO DO JARDIM DA SOLUM

🚧 O Jardim da Solum está a mudar e queremos a sua opinião! A Câmara Municipal de Coimbra está a planear melhorias para tornar este espaço mais verde, acessível e confortável. Participe neste inquérito e ajude-nos a definir as intervenções mais importantes.

1. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?

- ☐ Diariamente
- ☐ Algumas vezes por semana
- ☐ Algumas vezes por mês
- ☐ Raramente
- ☐ Nunca

2. Qual o principal motivo para passar ou permanecer neste espaço? (2 opções)

- ☐ Apenas utilizo como passagem
- ☐guardo ou acompanho o meu filho à escola/jardim
- ☐ Descanso ou aguardo alguém
- ☐ Encontro social
- ☐ Passeio o meu cão
- ☐ Outro: _____

3. A redução da área verde afetou a forma como utiliza este espaço?

- ☐ Deixei de usar o espaço com tanta frequência
- ☐ Continuo a utilizar, mas o espaço perdeu qualidade
- ☐ Não afetou a minha utilização
- ☐ Nunca utilizei este espaço antes

4. Quais são as principais limitações deste espaço? (2 opções)

- ☐ Falta de sombras e vegetação
- ☐ Falta de bancos e zonas de descanso
- ☐ Iluminação insuficiente à noite
- ☐ Falta de bebedouros e fontes de água
- ☐ Falta de manutenção do espaço
- ☐ Outro: _____

5. Que tipo de melhorias considera mais importantes? (2 opções)

- ☐ Reforço da vegetação e criação de zonas de sombra
- ☐ Instalação de mobiliário urbano adequado (bancos, mesas)
- ☐ Melhoria da iluminação e segurança
- ☐ Instalação de bebedouros e fontes de água
- ☐ Outro: _____
- ☐ Este espaço deve manter-se como está

6. Que aspetos do jardim devem ser melhorados?

- ☐ Criar percursos mais diretos e acessíveis para peões
- ☐ Melhorar o pavimento para evitar zonas degradadas ou desconfortáveis
- ☐ Acrescentar bancos e mobiliário urbano mais confortáveis
- ☐ Apenas necessita de recuperar o que foi danificado com a obra
- ☐ Nada precisa de ser alterado

🌟 **Obrigado pela sua participação! As suas respostas serão fundamentais para orientar a requalificação do Jardim da Solum, garantindo que este espaço atenda às necessidades de todos os munícipes.**

Câmara Municipal de Coimbra

Apêndice 12.3

Inquérito Escolar: Impacto na Rotina das Escolas e da Comunidade Educativa



CÂMARA MUNICIPAL
COIMBRA

INQUÉRITO SOBRE A REQUALIFICAÇÃO DO JARDIM DA SOLUM

📌 O Jardim da Solum está a mudar e queremos a sua opinião! A Câmara Municipal de Coimbra está a recolher informações sobre a perceção e a utilização deste espaço pela comunidade. O objetivo é avaliar o impacto da redução da área verde, compreender a sua utilização e identificar melhorias que possam torná-lo mais sustentável e funcional para alunos, docentes, funcionários e encarregados de educação.

1. Qual é o seu vínculo com a escola?

- ☐ Docente
- ☐ Funcionário não docente
- ☐ Encarregado de educação

2. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?

- ☐ Diariamente
- ☐ Algumas vezes por semana
- ☐ Algumas vezes por mês
- ☐ Raramente
- ☐ Nunca

3. Em que horário costuma utilizar este espaço?

- ☐ Manhã
- ☐ Almoço
- ☐ Final do dia
- ☐ Fins de semana
- ☐ Não utilizo

4. Para que utiliza este espaço? (2 opções)

- ☐ Apenas utilizo como passagem
- ☐ Aguardo ou acompanho o meu filho à escola/jardim
- ☐ Descanso ou aguardo alguém
- ☐ Encontro social ou convívio
- ☐ Outro: _____

5. Como avalia a acessibilidade do Jardim da Solum?

- ☐ Fácil e conveniente para peões.
- ☐ Poderia ter ligações mais diretas e seguras.
- ☐ Difícil para crianças, idosos ou pessoas com mobilidade reduzida.
- ☐ Nunca tentei aceder ao jardim.

6. A redução da área verde e a construção da nova zona de estacionamento afetaram a sua utilização desta zona verde?

- ☐ Sim, tornou o espaço menos agradável e utilizável
- ☐ Sim, reduziu a qualidade ambiental
- ☐ Não afetou a minha utilização
- ☐ Nunca utilizei este espaço antes

7. Como avalia a nova área de tomada e largada de passageiros (Kiss and ride) criada no local da antiga zona verde?

- ☐ Positiva, melhorou a circulação na entrada e saída da escola. Neutra, não vejo grande impacto
- ☐ Negativa, reduziu a área verde
- ☐ Negativa, está subutilizada fora dos horários de pico
- ☐ Outro: _____

8. O que considera a melhor solução para equilibrar o Kiss and Ride e a área verde?

- ☐ Criar mais espaços verdes no Kiss and Ride e na sua envolvente
- ☐ Reduzir a área do estacionamento e ampliar a vegetação
- ☐ Criar uma área de lazer com bancos e sombras
- ☐ Manter como está

9. O que considera mais problemático no atual Jardim da Solum? (2 opções)

- ☐ Falta de sombras e vegetação
- ☐ Falta de bancos e zonas de descanso
- ☐ Iluminação insuficiente à noite
- ☐ Falta de bebedouros e fontes de água
- ☐ Falta de manutenção do espaço
- ☐ Outro: _____

10. O que considera mais importante para melhorar o Jardim da Solum? (2 opções)

- ☐ Mais vegetação e zonas de sombra
- ☐ Criação de áreas de lazer e descanso para a comunidade escolar
- ☐ Melhor integração entre o estacionamento e a zona verde
- ☐ Instalação de bebedouros e fontes de água
- ☐ Outro: _____
- ☐ Nada precisa de ser alterado

11. Acha que o Jardim da Solum deveria ter espaços educativos ao ar livre para uso pela escola?

- ☐ Sim, seria uma ótima opção para atividades pedagógicas
- ☐ Talvez, se houvesse mais infraestrutura adequada
- ☐ Talvez, mas só se fosse vedado
- ☐ Não, este espaço não é adequado para isso

12. Caso o espaço seja requalificado, teria interesse em participar em iniciativas escolares para a sua manutenção e valorização?

- ☐ Sim
- ☐ Talvez
- ☐ Não

13. Algum comentário adicional sobre o Jardim da Solum ou sugestões que gostaria de dar?

📌 Obrigada pela sua participação! As suas respostas serão fundamentais para orientar a requalificação do Jardim da Solum, garantindo que este espaço atenda às necessidades de todos os munícipes.

Câmara Municipal de Coimbra

Apêndice 12.4

Inquérito Infantil: A Relação das Crianças com o Jardim da Solum

O Jardim da Solum - Conta-nos a Tua Opinião!

Olá, amiguinho/a!

A Câmara Municipal de Coimbra quer saber o que tu pensas do Jardim da Solum. Sabemos que, neste momento, o jardim precisa de intervenção para se tornar num lugar melhor e mais apelativo. Responde às perguntas e, se precisares, a tua professora pode ajudar-te.



SOBRE A ESCOLA E A TUA ROTINA

1. Como vais à escola? (Escolhe uma opção)

- ☐ A pé
- ☐ De bicicleta
- ☐ De carro
- ☐ De autocarro

2. E se pudesses escolher, como gostarias de ir à escola?

- ☐ A pé
- ☐ De bicicleta
- ☐ De carro
- ☐ De autocarro
- ☐ De MetroBus (quando começar a funcionar)

3. Quando saís da escola, brincas na rua?

- ☐ Sim, sempre!
- ☐ Às vezes
- ☐ Não

SOBRE O JARDIM

4. Passas tempo a brincar no jardim perto da escola?

- ☐ Sim, adoro!
- ☐ Às vezes
- ☐ Não



5. E como te sentes com o estado do jardim hoje? (Sabemos que o jardim está, por vezes, sujo ou em obras - diz-nos o que pensas)

- ☐ Gosto, mas acho que pode ficar melhor
- ☐ Não gosto muito
- ☐ Não sei

ATIVIDADES E PLANTAÇÃO

6. Gostarias que a escola fizesse atividades no jardim? (Exemplo: jogos, aulas ao ar livre, piqueniques, contar de histórias)

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

7. Alguma vez plantaste algum vegetal para comer?

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. Gostarias de plantar algo no jardim?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez



O JARDIM E A SUA APARÊNCIA

9. O jardim é bonito?

- ☐ Muito bonito!
- ☐ Mais ou menos
- ☐ Não é bonito

10. O jardim está bem cuidado?

- ☐ Sim, está bem cuidado
- ☐ Às vezes acho que podia estar melhor
- ☐ Não sei

AS TUAS IDEIAS PARA MELHORAR O JARDIM

11. Que ideia tens para melhorar o jardim? (Escreve ou desenha uma ideia curta. Por exemplo: "Quero um lugar limpo para brincar" ou "Quero mais flores")

Muito obrigado por partilhares as tuas ideias!

Com a tua ajuda, podemos trabalhar para transformar o Jardim da Solum num lugar bonito, limpo e divertido para todos!

Apêndice 12.5 Inquérito Geral: Opinião da Comunidade sobre o Espaço e Melhorias

INQUÉRITO SOBRE A REQUALIFICAÇÃO DO JARDIM DA SOLUM

📌 O Jardim da Solum está em processo de mudança, e a Câmara Municipal de Coimbra deseja recolher a sua opinião para tornar este espaço mais verde, acessível e funcional a toda a população. As suas respostas ajudarão a definir ações de melhoria e a equilibrar as diferentes necessidades que envolvem o jardim.

PERFIL DO PARTICIPANTE

1. Em que zona/freguesia de Coimbra reside?

- ☐ Santo António dos Olivais
- ☐ Sé Nova, Santa Cruz, Almedina e São Bartolomeu
- ☐ Outras freguesias de Coimbra
- ☐ Não resido em Coimbra, mas visito a cidade

2. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?

- ☐ Diariamente
- ☐ Algumas vezes por semana
- ☐ Algumas vezes por mês
- ☐ Raramente
- ☐ Nunca

3. Qual é a sua faixa etária?

- ☐ Menos de 18 anos
- ☐ 18 a 29 anos
- ☐ 30 a 49 anos
- ☐ 50 a 64 anos
- ☐ 65 ou mais

USO E PERCEÇÃO DO JARDIM

4. Qual o principal motivo para passar ou permanecer neste espaço? (Escolha até 2 opções)

- ☐ Apenas utilizo como passagem
- ☐guardo ou acompanho o meu filho à escola/jardim
- ☐ Descanso ou aguardo alguém
- ☐ Encontro social
- ☐ Passeio o meu cão
- ☐ Outro: _____

5. A redução da área verde, incluindo a criação de zona de tomada e largada de alunos (kiss and ride), afetou a forma como utiliza o Jardim da Solum?

- ☐ Deixei de usar o espaço com tanta frequência
- ☐ Continuo a utilizar, mas perdeu qualidade
- ☐ Não afetou a minha utilização
- ☐ Nunca utilizei este espaço antes

6. Como classifica a importância do Jardim da Solum para a qualidade de vida em Coimbra?

- ☐ Muito importante
- ☐ Importante
- ☐ Pouco importante
- ☐ Nada importante
- ☐ Não tenho opinião

7. Como classifica a importância do Jardim da Solum para a qualidade de vida na Solum?

- ☐ Muito importante
- ☐ Importante
- ☐ Pouco importante
- ☐ Nada importante
- ☐ Não tenho opinião

LIMITAÇÕES E PROBLEMAS

8. Quais são, no seu ponto de vista, as maiores limitações do Jardim da Solum? (Escolha até 3 opções)

- ☐ Falta de sombras e vegetação
- ☐ Falta de bancos e zonas de descanso
- ☐ Iluminação insuficiente à noite
- ☐ Falta de bebedouros e fontes de água
- ☐ Falta de segurança
- ☐ Acessibilidade ou pavimento inadequado
- ☐ Está sempre vazio ou pouco atrativo
- ☐ Outro: _____

9. Como avalia a acessibilidade e a circulação pedonal no Jardim?

- ☐ Fácil e conveniente para peões
- ☐ Poderia ter percursos mais claros e diretos
- ☐ Difícil para pessoas com mobilidade reduzida
- ☐ Nunca tentei circular a pé no jardim

10. Costuma utilizar este espaço com crianças?

- ☐ Sim, regularmente
- ☐ Sim, de vez em quando
- ☐ Não, porque não tenho crianças a cargo
- ☐ Não, o jardim não é adequado para crianças
- ☐ Outro: _____

MELHORIA E SOLUÇÕES

11. O que considera mais importante para melhorar o Jardim da Solum? (Escolha até 3 opções)

- ☐ Mais vegetação e zonas de sombra
- ☐ Bancos e mobiliário urbano confortáveis
- ☐ Melhor iluminação e segurança
- ☐ Bebedouros e fontes de água
- ☐ Espaços de lazer para crianças
- ☐ Percursos de exercício físico (caminhada, corrida)
- ☐ Outro: _____
- ☐ Nada precisa de ser alterado

12. Na sua opinião, como equilibrar o Kiss and Ride e a área verde?

- ☐ Criar mais espaços verdes no Kiss and Ride e na sua envolvente
- ☐ Reduzir a área do estacionamento e ampliar a vegetação
- ☐ Manter o estacionamento como está
- ☐ Outro: _____

13. De que forma gostaria de ver o Jardim da Solum no futuro?

- ☐ Mantido sobretudo como corredor de passagem, mas mais arranjado
- ☐ Tornar-se um parque urbano com zonas de lazer e convívio
- ☐ Tornar-se um espaço verde naturalizado
- ☐ Um pequeno "jardim educativo" com painéis informativos
- ☐ Outro: _____

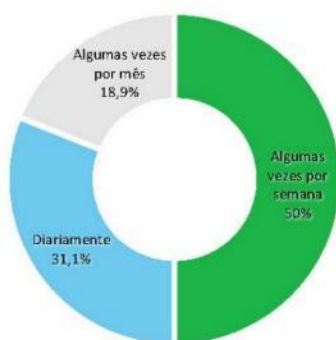
14. Algum comentário adicional sobre o Jardim da Solum ou sugestões que gostaria de dar? (Resposta aberta)

🔴 Obrigado pela sua participação! As suas respostas serão fundamentais para orientar a requalificação do Jardim da Solum, garantindo que este espaço atenda às necessidades de todos os munícipes.

Apêndice 13 Resultados dos Inqueridos

INQUÉRITO RÁPIDO: PERCEÇÃO ESPONTÂNEA DOS UTILIZADORES DO JARDIM

1. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?



2. Qual o principal motivo para passar ou permanecer neste espaço?



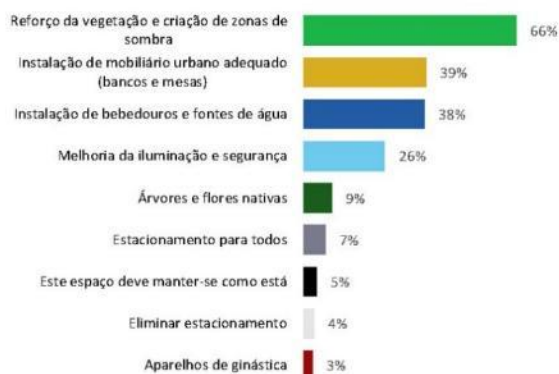
3. A redução da área verde afetou a forma como utiliza este espaço?



4. Quais são as principais limitações deste espaço?



5. Que tipo de melhorias considera mais importantes?



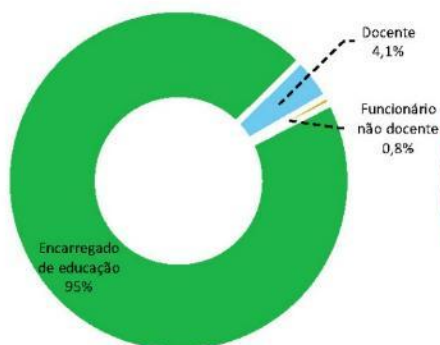
6. Que aspetos do jardim devem ser melhorados?



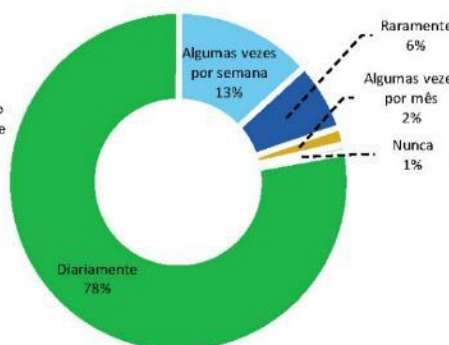
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO ESCOLAR: IMPACTO NA ROTINA DAS ESCOLAS E DA COMUNIDADE EDUCATIVA

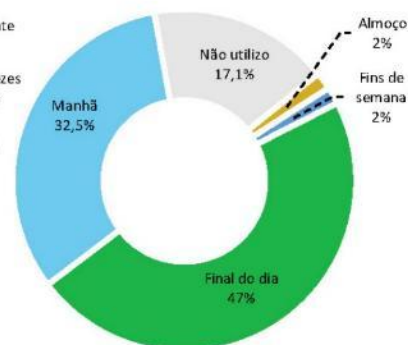
1. Qual é o seu vínculo com a escola?



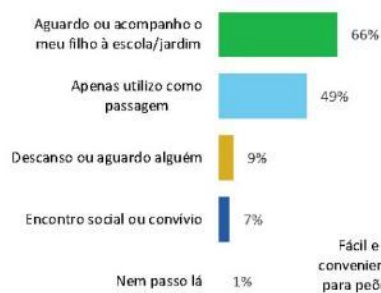
2. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?



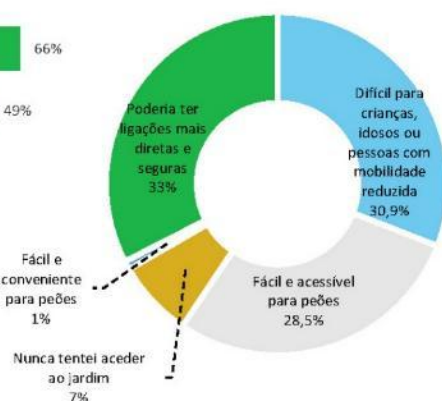
3. Em que horário costuma utilizar este espaço?



4. Para que utiliza este espaço?



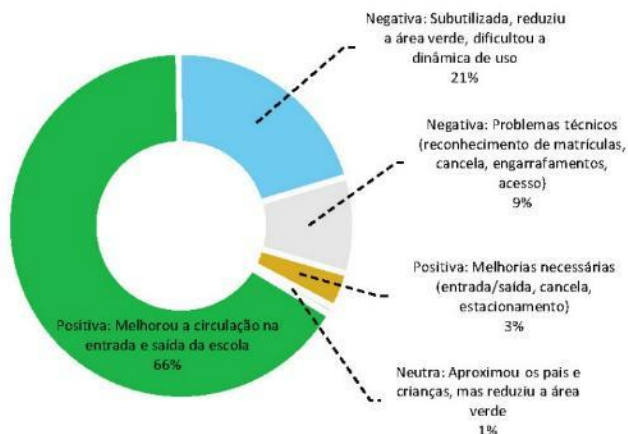
5. Como avalia a acessibilidade do Jardim da Solum?



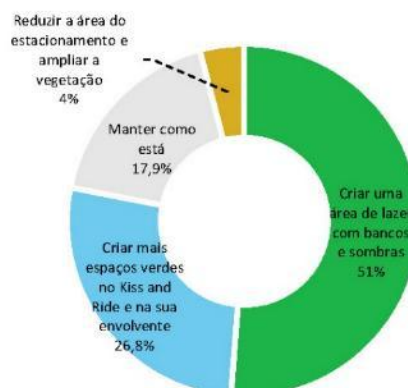
6. A redução da área verde e a construção da nova zona de estacionamento afetaram a sua utilização desta zona verde?



7. Como avalia a nova área de tomada e largada de passageiros (Kiss and ride) criada no local da antiga zona verde?



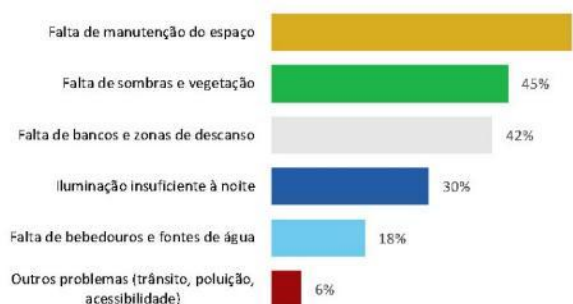
8. O que considera a melhor solução para equilibrar o Kiss and Ride e a área verde?



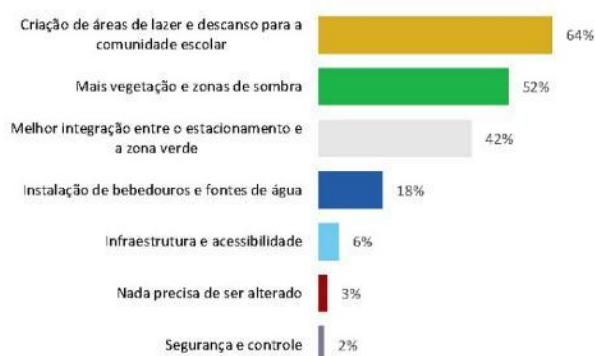
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO ESCOLAR: IMPACTO NA ROTINA DAS ESCOLAS E DA COMUNIDADE EDUCATIVA (CONTINUAÇÃO)

9. O que considera mais problemático no atual Jardim da Solum?



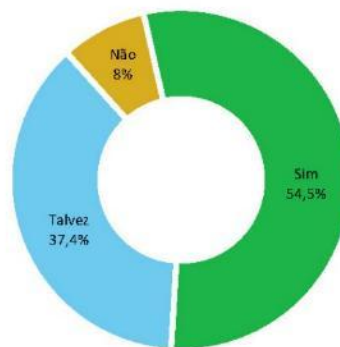
10. O que considera mais importante para melhorar o Jardim da Solum?



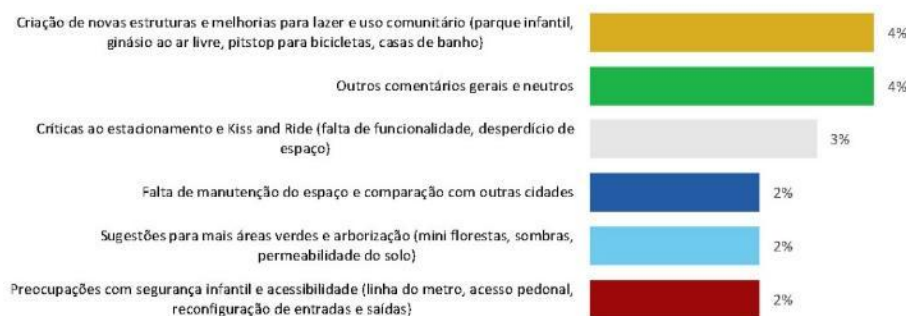
11. Acha que o Jardim da Solum deveria ter espaços educativos ao ar livre para uso pela escola?



12. Caso o espaço seja requalificado, teria interesse em participar em iniciativas escolares para a sua manutenção e valorização?



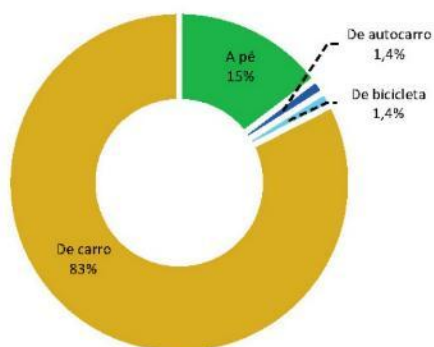
13. Algum comentário adicional sobre o Jardim da Solum ou sugestões que gostaria de dar?



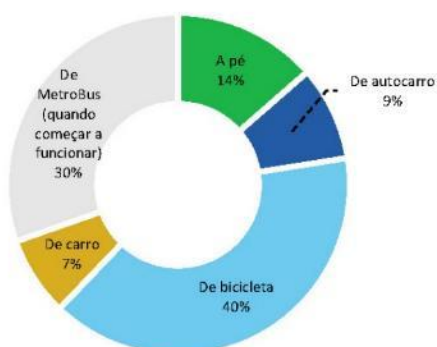
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO INFANTIL: A RELAÇÃO DAS CRIANÇAS COM O JARDIM DA SOLUM

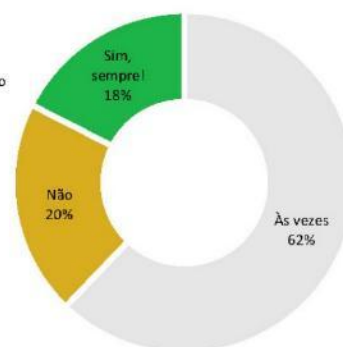
1. Como vais à escola?



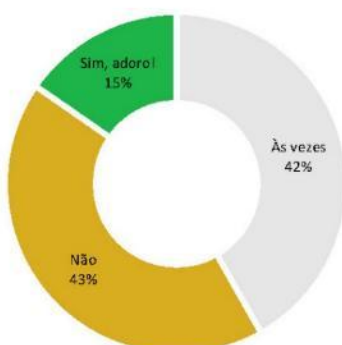
2. E se pudesses escolher, como gostarias de ir à escola?



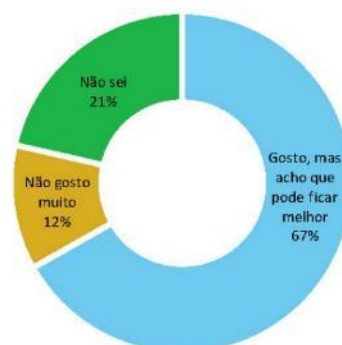
3. Quando saís da escola, brincas na rua?



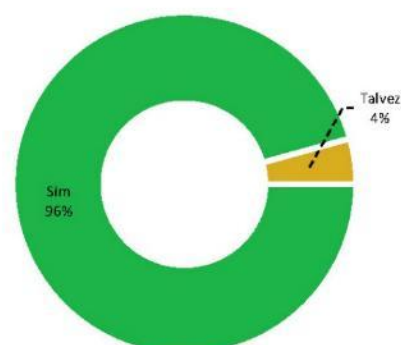
4. Passas tempo a brincar no jardim perto da escola?



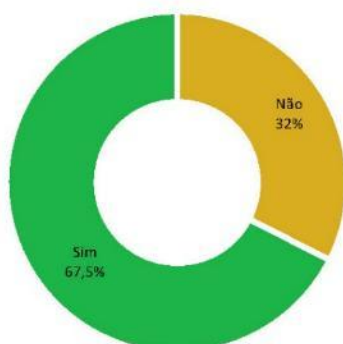
5. E como te sentes com o estado do jardim hoje? (Sabemos que o jardim está, por vezes, sujo ou em obras – diz-nos o que



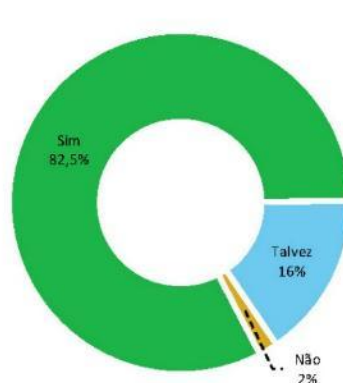
6. Gostarias que a escola fizesse atividades no jardim? (Exemplo: jogos, aulas ao ar livre, piqueniques, contar de histórias)



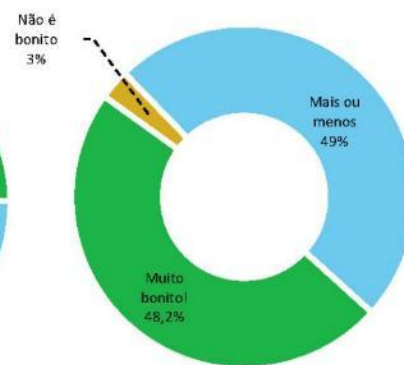
7. Alguma vez plantaste algum vegetal para comer?



8. Gostarias de plantar algo no jardim?



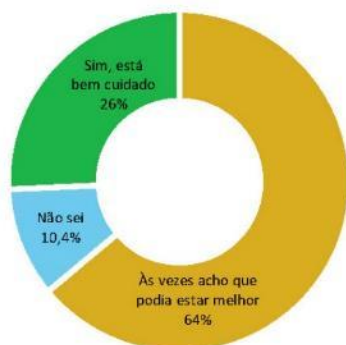
9. O jardim é bonito?



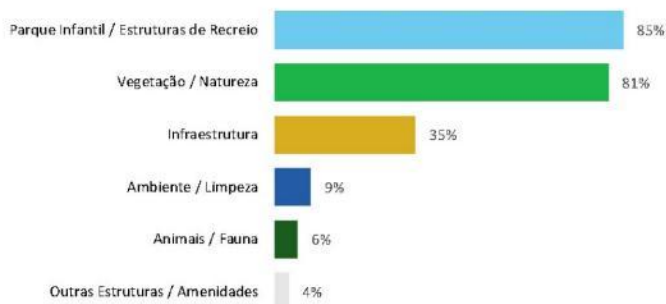
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO INFANTIL: A RELAÇÃO DAS CRIANÇAS COM O JARDIM DA SOLUM (CONTINUAÇÃO)

10. O jardim está bem cuidado?



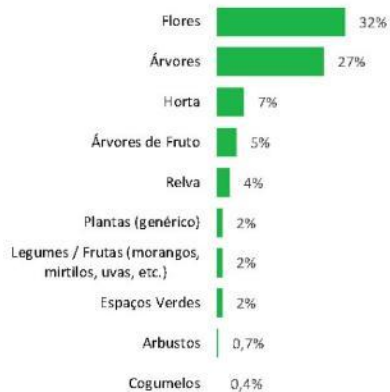
11. Que ideia tens para melhorar o jardim?



11.1 Parque Infantil / Estruturas de Recreio



11.2 Vegetação / Natureza



11.3 Infraestrutura



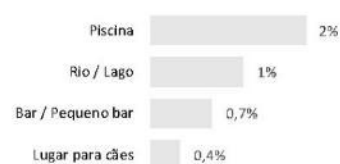
11.4 Ambiente / Limpeza



11.5 Animais / Fauna



11.6 Outras Estruturas / Amenidades



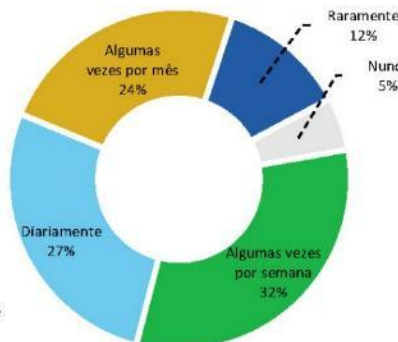
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO GERAL: OPINIÃO DA COMUNIDADE SOBRE O ESPAÇO E MELHORIAS

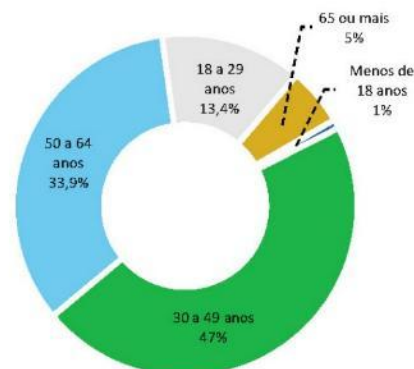
1. Em que zona/freguesia de Coimbra reside?



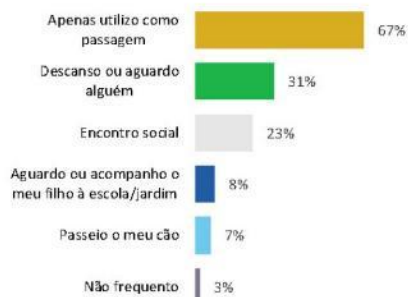
2. Com que frequência passa ou visita o Jardim da Solum?



3. Qual é a sua faixa etária?



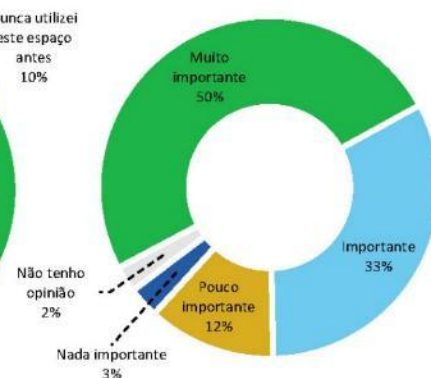
4. Qual o principal motivo para passar ou permanecer neste espaço?



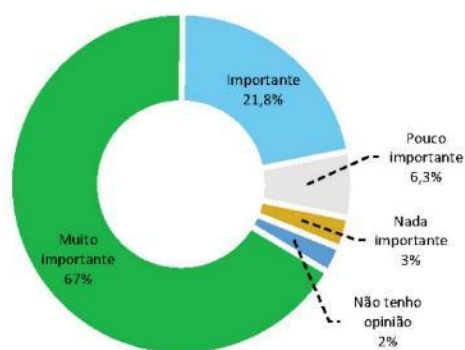
5. A redução da área verde, incluindo a criação de zona de tomada e largada de alunos (kiss and ride), afetou a forma como utiliza o Jardim da Solum?



6. Como classifica a importância do Jardim da Solum para a qualidade de vida em Coimbra?



7. Como classifica a importância do Jardim da Solum para a qualidade de vida na Solum?



8. Quais são, no seu ponto de vista, as maiores limitações do Jardim da Solum?



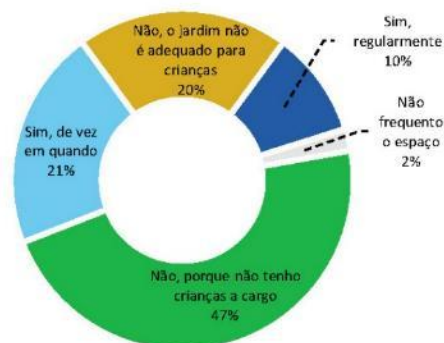
Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

INQUÉRITO GERAL: OPINIÃO DA COMUNIDADE SOBRE O ESPAÇO E MELHORIAS (CONTINUAÇÃO)

9. Como avalia a acessibilidade e a circulação pedonal no Jardim?



10. Costuma utilizar este espaço com crianças?



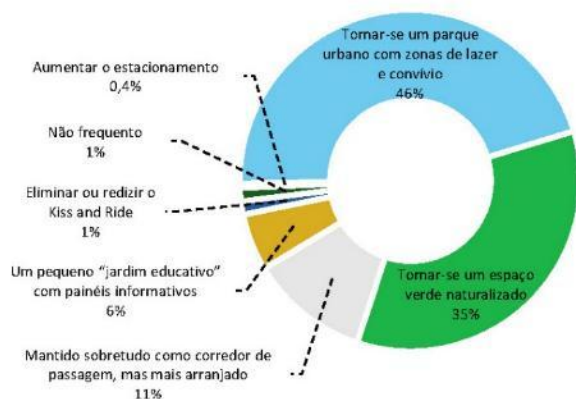
11. O que considera mais importante para melhorar o Jardim da Solum?



12. Na sua opinião, como equilibrar o Kiss and Ride e a área verde?



13. De que forma gostaria de ver o Jardim da Solum no futuro?



14. Algum comentário adicional sobre o Jardim da Solum ou sugestões que gostaria de dar?



Nota: Nos gráficos circulares (perguntas de escolha única), os percentuais totalizam 100%. Nos gráficos de barras (perguntas de múltipla escolha), os percentuais representam a proporção de respondentes que selecionaram cada opção, podendo ultrapassar 100%.

Apêndice 14 Estimativa de Custos de Implantação. Com base de [185]-[192]

Tipo de Cobertura	Material (€)	Instalação (€/m²)	Sistema de Rega (€/m²)	Total (€/m²)		Custo Inicial (€/1000 m²)	Media (€/m²)
Relvado Convencional	6,27 €/kg (30g/ m²)	11,71	5,0 - 7,0	15,9	17,9	15900 - 17900€	16,90
	5,10 €/m² (tapete)	14,42	5,0 - 7,0	24,78	26,78	27780 - 26780€	25,78
Prado Biodiverso	10,00 - 30,00 €/150 g (8g/ m²)	11,71	-	13,93	14,93	13930 - 14930 €	14,43
Arbustos	1,9 - 7,95 €/planta (2-4 plantas / m²)	13,43	5,0 - 7,0	26,46	42,45	26460 - 42450 €	34,46
	2,84 - 4,73 €/m² (mulch)	1,39					
Gravilha Decorativa	3,13 - 25 €/ m²	4,29	-	7,42	29,29	7420 - 29290 €	18,36
Casca de Pinho	2,84 - 6,45 €/m³	11,17	-	14,01	17,62	14010 -17620 €	15,82

Apêndice 15 Custos Detalhados de Implantação, Consumo de Água e Manutenção por Tipologia de Cobertura Vegetal

Cobertura	Custo de Implantação (€/m²)	Consumo de Água Inicial (m³/m²/ano)	Custo de Água Inicial (€/m²/ano)	Consumo após Estabelecimento (m³/m²/ano)	Custo de Água Ajustado (€/m²/ano)	Custo Médio de Água (10 anos) (€/m²/ano)	Custo de Manutenção (€/m²/ano)
Relvado	21,34	0,51	0,95	-	-	0,95	1,31
Prado biodiverso	14,43	0,19	0,35	0,12	0,22	0,26	0,59
Arbustos	34,46	0,31	0,57	0,17	0,29	0,35	0,48
Materiais inertes	17,09	0	0	0	0	0	0

NOTA: Estimativas baseadas em coeficientes médios de consumo e manutenção, assumindo condições padrão. Valores de consumo após estabelecimento referem-se à redução típica observada a partir do terceiro ano. O custo médio de água foi calculado para um horizonte de 10 anos, ponderando as diferentes fases de desenvolvimento da vegetação.

Apêndice 16 Comparação de Estratégias de Cobertura Vegetal com Base em Custos Anuais e Consumo Hídrico

Cenário	Relva (%)	Prado (%)	Arbustos (%)	Inertes (%)	Consumo de Água (m³/ano)	Custo Água (€)	Custo Manutenção (€)	Custo Total Anual (€)	Poupança Financeira face a A1 (€)	Redução Financeira (%)	Poupança Hídrica face a A1 (%)
Grupo A - Soluções Convencionais (Coberturas homogêneas)											
A1	100%	0%	0%	0%	512,97	953,13	1310	2263,13	0,00	0,0%	0,0%
A2	0%	100%	0%	0%	190,57	354,10	590	944,10	1319,03	58,3%	62,8%
A3	0%	0%	100%	0%	308,07	572,41	480	1052,41	1210,72	53,5%	39,9%
Grupo B - Estratégias de Substituição Simples											
B1	80%	0%	20%	0%	471,99	876,99	1144	2020,99	242,14	10,7%	8,0%
B2	60%	0%	40%	0%	431,01	800,85	978	1778,85	484,29	21,4%	16,0%
B3	40%	60%	0%	0%	319,53	593,71	878	1471,71	791,42	35,0%	37,7%
Grupo C - Soluções Naturalizadas (Biodiversidade e baixa manutenção)											
C1	0%	30%	50%	20%	211,21	392,44	417	809,44	1453,70	64,2%	58,8%
C2	0%	60%	40%	0%	237,57	441,43	546	987,43	1275,71	56,4%	53,7%
C3	0%	40%	30%	30%	168,65	313,37	380	693,37	1569,77	69,4%	67,1%
Grupo D - Modelos Mistos Adaptativos											
D1	30%	30%	30%	10%	303,48	563,90	714	1277,90	985,24	43,5%	40,8%
D2	20%	40%	30%	10%	271,24	503,99	642	1145,99	1117,14	49,4%	47,1%
D3	10%	30%	40%	20%	231,70	430,51	500	930,51	1332,62	58,9%	54,8%
Grupo E - Abordagens Alternativas Avançadas (Xero paisagismo e cobertura técnica)											
E1	0%	0%	40%	60%	123,23	228,97	192	420,97	1842,17	81,4%	76,0%
E2	0%	80%	20%	0%	214,07	397,76	568	965,76	1297,37	57,3%	58,3%

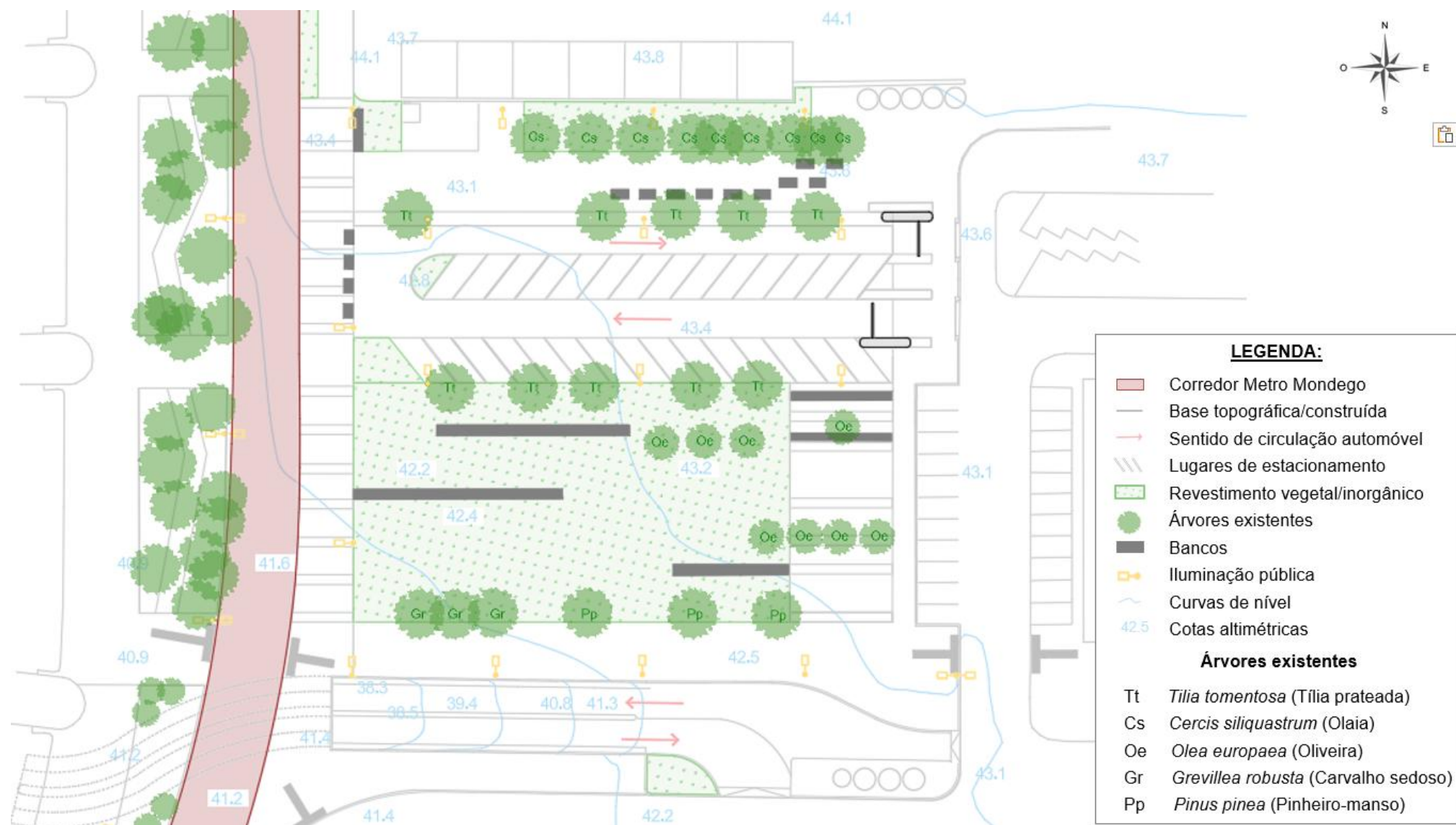
NOTA: A poupança financeira e a poupança hídrica foram calculadas em comparação com o cenário de referência A1 (relvado convencional).

Apêndice 17 Período de Retorno (em anos) de Investimento Alternativo

Cenário	Relva (%)	Prado (%)	Arbustos (%)	Inertes (%)	Custo de Instalação (€/m²)	Poupança Anual face a A1 (€/m²/ano)	Diferença de Investimento Alternativo face a A1 (€/m²)	Período de Retorno - Investimento Alternativo face a A1 (anos)
Grupo A - Soluções Convencionais (Coberturas homogêneas)								
A1	100%	0%	0%	0%	21,34	0,00	0,00	-
A2	0%	100%	0%	0%	14,43	1,55	-6,91	não aplicável
A3	0%	0%	100%	0%	34,46	1,49	13,12	8 anos 10 meses
Grupo B - Estratégias de Substituição Simples								
B1	80%	0%	20%	0%	23,96	0,30	2,62	8 anos 10 meses
B2	60%	0%	40%	0%	26,59	0,60	5,25	8 anos 10 meses
B3	40%	60%	0%	0%	17,19	0,93	-4,15	não aplicável
Grupo C - Soluções Naturalizadas (Biodiversidade e baixa manutenção)								
C1	0%	30%	50%	20%	24,97	1,66	3,63	2 anos 2 meses
C2	0%	60%	40%	0%	22,44	1,53	1,10	9 meses
C3	0%	40%	30%	30%	21,23	1,75	-0,11	não aplicável
Grupo D - Modelos Mistos Adaptativos								
D1	30%	30%	30%	10%	22,78	1,14	1,44	1 anos 3 meses
D2	20%	40%	30%	10%	22,09	1,29	0,75	7 meses
D3	10%	30%	40%	20%	23,66	1,51	2,32	1 anos 6 meses
Grupo E - Abordagens Alternativas Avançadas (Xero paisagismo e cobertura técnica)								
E1	0%	0%	40%	60%	24,03	1,95	2,69	1 anos 5 meses
E2	0%	80%	20%	0%	18,44	1,54	-2,91	não aplicável

Notas: A poupança anual, a diferença de investimento e o período de retorno foram calculados em comparação com o cenário de referência A1 (relvado convencional)

Apêndice 18 Situação Atual do Jardim da Solum e Zona Envolvente (AutoCAD)





**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra