

Gestão sustentável da água em espaços verdes urbanos

UM MANUAL PARA A AÇÃO NA
ÁREA METROPOLITANA DO PORTO

Ficha Técnica

Título
Gestão Sustentável da Água em Espaços Verdes Urbanos.
Um manual para a ação na Área Metropolitana do Porto.

Cordenação Global
Área Metropolitana do Porto

Equipa
Cláudia Fernandes (coordenação)
Ana Medeiros
Sidiane Tramontina
Paulo Farinha Marques (consultor)
Ana Lindeza (consultor)
Gonçalo Andrade (consultor)

Impressão
Publigraff

Registo ISBN
978-989-96291-7-2

Design
Brandi Studio

Depósito legal
533852/24

Todos os direitos reservados. Este manual ou qualquer parte dele não pode ser reproduzido ou usado de forma alguma sem autorização expressa, por escrito, do promotor, exceto pelo uso de citações breves numa resenha do manual.

PORTO, Dezembro 2023

Índice

11 **Secção I - Introdução**

12 **1.** Cada gota conta

12 **1.1.** A água nos jardins

13 **1.2.** Os Espaços Verdes Urbanos (EVUs) e Estrutura Verde Urbana

14 **1.3.** As Alterações Climáticas e as Estratégias Europeias e Nacionais de Adaptação e Gestão de Água

16 **2.** Sobre este manual

16 **2.1.** Pressupostos e Questões

17 **2.2.** Objetivos

18 **2.3.** Metodologia e organização do manual

19 **2.4.** Como consultar este manual

23 **Secção II - Panorama Científico**

24 **1.** Pesquisa de Literatura

25 **2.** Caracterização da literatura

26 **3.** Temáticas identificadas na literatura

29 **3.1.** Tecnologias e materiais de vanguarda

37 **4.** Conceitos e Abordagens para a gestão sustentável da água em meio urbano

41 **Secção III - Diagnóstico da Gestão da Água em Espaços Verdes Urbanos na Área Metropolitana do Porto**

42 **1.** Enquadramento geral da Área Metropolitana do Porto

42 **1.1.** Localização e Demografia

43 **1.2.** Uso de solo

44 **1.3.** Enquadramento biofísico e climático

Índice

47 **2.** Diagnóstico da gestão da água em Espaços Verdes Urbanos na AMP
47 **2.1.** Construção do Questionário
48 **2.2.** Resultados do Inquérito

61 **Secção IV – Medidas para uma gestão sustentável da água**
62 **1.** Medidas para a gestão da água à escala do espaço verde urbano
64 **1.1.** Solo - Recurso vital
68 **1.2.** Vegetação - atributos e composição
72 **1.3.** Projeto - Por um Design sustentável
76 **1.4.** Rega - Sistemas eficientes e inteligentes
80 **1.5.** Manutenção - a garantia do sucesso
84 **2.** Medidas para a gestão da água à escala municipal
86 **2.1.** Compreender as condições ambientais
88 **2.2.** Conhecer o consumo e distribuição da água
94 **2.3.** Implementar soluções de base natural para a gestão da água
98 **2.4.** Proteger e dinamizar a regeneração dos ecossistemas
100 **2.5.** Capacitar e mudar mentalidades
103 **3.** Cenários de aplicação de medidas para redução da água utilizada na rega de EVUs

108 **Glossário**

113 **Referências**

120 **Anexo - Lista de espécies eficientes no uso da água**

Índice de Figuras

Figura 1 - Plano Geral do Bagh-e Fin (1590). Exemplo notável de jardim persa, localizado em Kashan, Irão. Neste plano é possível observar como o jardim adota uma configuração geométrica reforçada pelos canais de água e grandes tanques centrais. Fonte: [4].

Figura 2 - Metodologia adotada para a elaboração do presente manual.

Figura 3 - Diagrama esquemático sobre as capas de introdução temática e como consultá-las.

Figura 4 - Número de documentos, por ano, no SCOPUS.

Figura 5 - Top 20 dos países com mais publicações na pesquisa efetuada.

Figura 6 - Rede bibliométrica com a co-ocorrência de palavras-chave dos resultados da pesquisa no SCOPUS.

Figura 7 - Grau de desenvolvimento e grau de utilização em Espaços Verdes Urbanos de tecnologias e materiais de vanguarda.

Figura 8 - Visão simplificada da arquitetura de um sistema IOT. Fonte: [51].

Figura 9 - Esquema de sistema integrado em rede. Fonte: [50].

Figura 10 - Sistema de monitorização e gestão de rega inteligente integrado e móvel. Fonte: [59].

Figura 11 - Bico de rega tipo multi jatos rotativos. Fonte: [60].

Figura 12 - Retentor mineral - zeolite. Fonte: [61].

Figura 13 - Polímeros SAPs. Fonte: [67].

Figura 14 - Caldeira biodegradável. Fonte: [69].

Figura 15 - Saco de rega. Fotografia: Cláudia Fernandes [70].

Figura 16 - Painel para captação de água do ar criado pela Hydro Harvest Operation Team. Fonte: [78].

Figura 17 - Painéis para captação de água a partir do ar da SOURCE, no Dubai. Fonte: [79].

Figura 18 - Exemplo de gestão da água à escala da paisagem "a realidade dita que o projeto deve respeitar o rio, proporcionar belas vistas e ambientes naturais, reconverter terras agrícolas em galeria ripícola, tratar e reforçar taludes com plantas nativas adaptáveis e criar espaço para pesca, passeios de barco e outras atividades comerciais e recreativas". Fonte: [96].

Figura 19 - Localização da AMP em Portugal Continental e Municípios integrantes.

Figura 20 - Uso do solo nos municípios da AMP usando os dados da COS2018.

Figura 21 - Rede hidrográfica da AMP.

Figura 22 - Zonas climáticas da AMP. Fonte: Adaptado de [103].

Figura 23 - Triângulo dos três grupos principais de classes de textura do solo: solo argiloso, arenoso e franco. Fonte: [118].

Figura 24 - Principais funções fisiológicas da água para as plantas (Copyright 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings).

Figura 25 - Jardim mediterrânico. Fotografia: Noel Kingsbury.

Figura 26 - A água da chuva pode ser usada para várias funções, uma delas a rega de espaços verdes. Fonte: [155].

Figura 27 - Diferentes usos da água residual tratada. Fonte: [156].

Figura 28 - Comparação das opções de abastecimento de água para Marraquexe extrapolando os custos até 2050. Fonte: [87].

Figura 29 - Entre os sistemas de biorretenção encontram-se os jardins de chuva, que potenciam a drenagem mais eficiente das águas da chuva, ajudando à sua penetração no solo. Fonte: [166].

Figura 30 - O planeamento de reservatórios de água à escala urbana pode ser útil para a criação de uma rede de drenagem mais eficiente e o correto dimensionamento dos reservatórios. Fonte: [36].

Figura 31 - Esquema de conectividade de espaços verdes da cidade de Dublin - Irlanda. Fonte: [171].

Figura 32 - Campanha de sensibilização na AMP alertando para o consumo elevado de água por pessoa/dia em Portugal. Fonte: [173].

Figura 33 - Simulações dos cenários de aplicação de medidas para redução da água utilizada na rega de EVUs.

Figura 34 - A redução do consumo de água não se consegue apenas “fechando a torneira”, ou através da instalação de sistemas inteligentes ou seleção de plantas tolerantes à seca, mas através da adoção simultânea de medidas com escalas e âmbitos de atuação distintos.

Lista de Siglas

AMP - Área Metropolitana do Porto

APA - Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

ARH - Administração de Região Hidrográfica

BEI - Banco Europeu de Investimento

CE - Comissão Europeia

EVUs - Espaços Verdes Urbanos

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change / Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PGRH - Planos de Gestão de Região Hidrográfica

PGSE - Plano de Gestão de Secas e Escassez

PNA - Plano Nacional da Água

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

RCM - Resolução de Concelho de Ministros

SPGS - Sistema de Previsão e Gestão de Secas

UE - União Europeia

A água é fundamental para a sobrevivência das plantas e para manter os espaços verdes urbanos saudáveis e funcionais.

SECÇÃO I

Introdução

1 Cada gota conta

1.1. A água nos jardins

Na bacia mediterrânica a água é reconhecida desde a antiguidade como um bem precioso, escasso, e de difícil acesso pelo que foi sempre utilizada com maestria e parcimónia, quer na agricultura, quer nos jardins [1]. O período estival longo, quente e seco determinava uma utilização muito comedida da água, sendo a rega pontual e concentrada em torno de plantas meticulosamente selecionadas e cuidadas, e os relvados inexistentes.

As diferentes formas que a água assume nos jardins portugueses, e a evolução do seu uso, são reflexo de diferentes heranças culturais do país e têm no jardim persa o "núcleo original" desta influência [2]. O avançado conhecimento árabe sobre o uso da água deixou-nos um importante legado sobre complexos sistemas de captação, armazenamento e distribuição da água, que ainda hoje nos inspiram. Essencial para a sobrevivência das plantas, a água dos jardins provinha de rios, poços ou minas; e a necessidade de reservas de água para rega durante os meses de verão fez aparecer estruturas de armazenamento como cisternas subterrâneas e grandes tanques, de onde se desenvolvia uma rede de canais minuciosamente projetada para permitir a circulação da água [3, 4].

Tanques, fontes e canais eram, assim, elementos estruturantes dos jardins e que serviam múltiplas funções. Para além de criar condições de amenidade tornando os jardins mais frescos e húmidos, a presença destes elementos de água tinha também um profundo apelo sensorial, desde a criação de jogos de luz e reflexos, até ao efeito sonoro que induzia calma e tranquilidade [2,3].

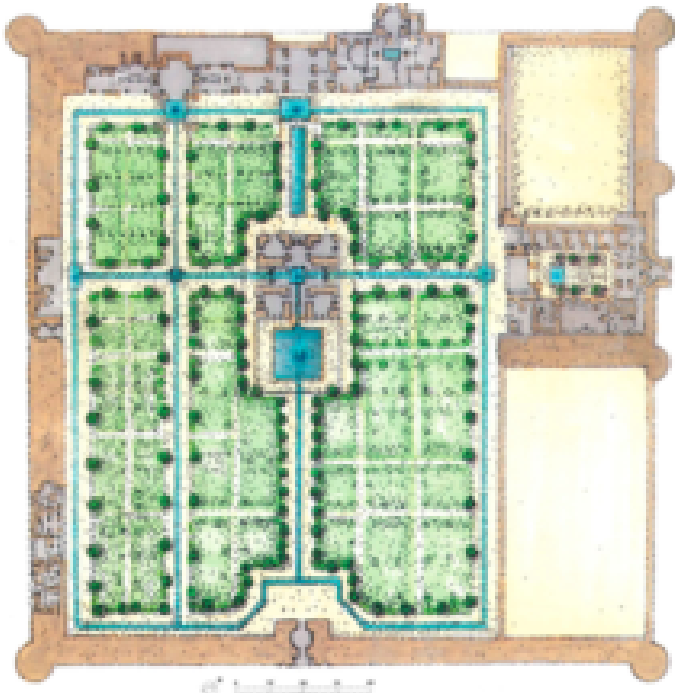


Figura 1 - Plano Geral do Bagh-e Fin (1590). Exemplo notável de jardim persa, localizado em Kashan, Irão. Neste plano é possível observar como o jardim adota uma configuração geométrica reforçada pelos canais de água e grandes tanques centrais. Fonte: [4].

Os desafios que se colocavam no passado ao uso de água nos jardins e, em particular, ao seu uso para rega, colocam-se, ainda com maior vigor, na atualidade. As cidades enfrentam agora o enorme desafio de gerir uma estrutura verde urbana complexa, constituída por espaços verdes de uso público com características muito diversas, e perante um cenário de crescente instabilidade na disponibilidade hídrica.

1.2. Os Espaços Verdes Urbanos (EVUs) e Estrutura Verde Urbana

Durante o séc. XIX, as consequências da revolução industrial para a saúde pública evidenciaram a importância de as cidades proporcionarem melhor qualidade de vida às suas populações tendo, então, surgido os primeiros passeios e jardins públicos. Ao longo do século XX, e muitas vezes em resultado de processos urbanísticos pouco organizados, a estrutura verde das cidades complexificou-se surgindo espaços estruturados com vegetação e que, por isso, podem necessitar de rega, mas com características e funções distintas das reconhecidas aos parques e jardins. O conceito de Espaços Verdes Urbanos (EVUs) surge, assim, na literatura da especialidade, para designar todos os espaços verdes de génese antrópica que constituem a estrutura verde urbana.

Para melhor compreensão de categorizações tipológicas possíveis, apresentam-se os seis tipos de EVUs considerados mais relevantes no âmbito da produção deste manual [5].

Parques urbanos - espaços verdes não edificados de uso público, geralmente com dimensões significativas, desempenhando funções ecológicas, estéticas e de lazer. Normalmente são espaços regados, sobretudo as clareiras e orlas subarbustivas.

Jardins - espaços verdes geralmente de menor dimensão e proximidade, concebidos sobretudo para estadia e descanso em proximidade com a natureza e com elevado valor estético. Os jardins apresentam, geralmente, desenhos mais elaborados e vegetação mais exuberante, podendo ser muito diversos quanto à necessidade de rega.

Espaços verdes associados a urbanizações - são espaços de enquadramento associados a habitações multifamiliares, normalmente com áreas de prados ou relvados, canteiros arbustivos ou subarbustivos e disposição de árvores pontuais.

Espaços verdes associados a equipamentos - são espaços de enquadramento situados na envolvente de edifícios públicos, como escolas, hospitais, igrejas, complexos desportivos e administração pública, normalmente com áreas de prados ou relvados, canteiros arbustivos ou subarbustivos e disposição de árvores pontuais.

Espaços verdes associados a eixos de circulação principal - são espaços associados a vias de circulação de automóveis, como rotundas, faixas centrais, nós viários, áreas verdes laterais às vias e taludes. Normalmente composto por prados e relvados, por vezes excessivamente regados, e áreas de mata com pouca ou nenhuma rega.

Ruas arborizadas - correspondem às avenidas, alamedas e ruas com estrato arbóreo em caldeiras ou em faixa contínua, não sendo habitualmente regadas.

A necessidade de rega nos tipos de EVUs referidos pode ser muito variável sendo, sobretudo, dependente da sua composição, organização e estrutura florística. De um modo geral, estes EVUs necessitam de ser regados para o pleno desempenho das suas funções ambientais, ecológicas e sociais, e estes importantes serviços não podem ser esquecidos [6]. Contudo, se não houver uma boa gestão de todo o processo de rega, estes espaços podem, efetivamente, tornar-se grandes consumidores de água, principalmente em regiões suscetíveis à seca, onde a rega é um fator determinante para a sobrevivência da vegetação [7]. Assim, é a ineficiência reconhecida na gestão da água usada para rega em muitas cidades portuguesas, que tem levado a que estes espaços sejam apontados contribuidores importantes para a pegada hídrica urbana [8].

Gerir de forma sustentável a água em meio urbano, nomeadamente a água utilizada na rega de EVUs assume, desta forma, uma enorme relevância para que as cidades cumpram com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [9] e, em particular, com o "Objetivo 6 – Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos"; e com o "Objetivo 11 - Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis", mais especificamente, "proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes" [9].

Os ODS realçam ainda a água como um recurso escasso no contexto atual e futuro de alterações climáticas.

1.3. As Alterações Climáticas e as Estratégias Europeias e Nacionais de Adaptação e Gestão de Água

A escassez de água é um problema planetário que tenderá a agravar-se [10], pelo que é crucial fazer uma correta gestão dos recursos hídricos, incluindo os utilizados na rega dos EVUs, por forma a usar a água de forma mais eficiente. Esta gestão é ainda mais crucial no presente contexto de alterações climáticas.

O aumento dos fenómenos meteorológicos extremos, como inundações, tempestades e ondas de calor, comprovam uma mudança no clima que se irá acentuar nos próximos anos [11]. São necessárias estratégias de adaptação a vários níveis, que antecipem os efeitos adversos das alterações climáticas e previnam ou minimizem os danos.

As cidades têm um papel central nesta adaptação, especialmente na infraestrutura verde urbana e nos seus elementos constituintes, os espaços verdes urbanos [12]. A gestão sustentável da água nos EVUs constitui uma oportunidade de primeira linha para reforçar a resiliência climática [13]. Contudo, as áreas urbanas enfrentam múltiplos desafios, sendo a falta de conhecimento um dos principais, em parte devido à dificuldade em obter dados fiáveis sobre o clima e perceber de que forma é que as cidades ou municípios serão afetados [12, 14, 103].

Apesar destas dificuldades, a procura por um "crescimento verde" apoiado em modelos de desenvolvimento mais amigos do ambiente está cada vez mais presente na agenda política internacional e a diferentes escalas [15].

A União Europeia tem estado particularmente atenta e empenhada em desenvolver orientações e estratégias de adaptação às alterações climáticas. Desde o delineamento de planos e estratégias (por exemplo, a estratégia Climate-ADAPT 2022-2024 - Partilha de conhecimentos para uma Europa resiliente ao clima), passando pela criação de plataformas digitais (Plataforma Europeia de Adaptação Climática *Climate-ADAPT*), bases de conhecimento (por exemplo, o Sistema Europeu de Informação sobre a Água - *WISE*), redes de apoio (*Mayors Adapt, Covenant of Mayors* - Pacto de Autarcas) ou até medidas de financiamento a nível europeu (Fundos Estruturais e de Coesão e empréstimos do BEI).

A nível legislativo a UE criou no ano 2000 a Diretiva-Quadro Água (Diretiva n.º 2000/60/CE de 23 de outubro), que abordou pela primeira vez de forma exaustiva todas as ameaças para as águas da UE, tornando claro que a gestão dos recursos hídricos vai muito além da simples distribuição e tratamento de água. Envolve também, por exemplo, o uso e a gestão dos solos, que afetam tanto a qualidade como a quantidade de água disponível [16]. Este quadro legislativo menciona também medidas diversas como a maximização da retenção natural das águas, através das denominadas infraestruturas verdes, o uso de estratégias eficazes para a utilização de água nos edifícios, a redução das fugas, a maximização da reutilização de água e a redução dos riscos de inundação e de seca [16]. Ou seja, a estratégia da UE assenta na ideia de que a melhor maneira de usar os recursos hídricos de forma sustentável é a gestão eficaz e holística à grande escala.

Já em Portugal, a transposição desta legislação europeia (Diretiva Diretiva-Quadro Água do Parlamento e Conselho Europeu n.º 2000/60/CE de 23 de outubro), deu início ao enquadramento legislativo que visa a preservação da água (entre outros objetivos), através do Plano Nacional da Água (PNA), Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro [17]. A versão mais recente, Lei n.º 44/2017, de 19/06 [18], vulgarmente designada por Lei da Água, estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água, definindo os seus objetivos, princípios e preceitos normativos, entre os quais se destacam os planos de gestão de região hidrográfica (PGRH) e os programas de medidas (PM). Neste momento, encontra-se vigente o 3.º ciclo de planeamento da Diretiva-Quadro da Água, que corresponde ao período 2022 -2027.

A publicação da Lei da Água foi seguida pela aprovação de um conjunto de outros diplomas complementares, que se referem pela sua importância para o planeamento e a gestão da água, como por exemplo: o Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, que estabelece o regime de proteção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração [19]; o Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações [20]; e a Lei n.º 19/2014, de 14 de abril, Lei de Bases do Ambiente [21].

Contudo, a frequência de situações de seca meteorológica que se têm verificado em Portugal Continental e o seu agravamento ao longo do tempo, obrigou a desencadear uma resposta mais robusta. Surge

então, em 2022, o Plano de Gestão de Secas e Escassez (PGSE), que define medidas para aumentar a resiliência face a situações de escassez, agravadas por seca prolongada e operacionalizar um sistema de alerta. Do PGSE surgem 3 novos instrumentos [22]:

- Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca
- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
- Planos Regionais de Eficiência Hídrica (Regiões do Algarve e Alentejo)

A rega de jardins/parques públicos apenas é mencionada no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) e na Lei da água. Contudo, estes instrumentos não regulam especificamente o consumo de água na rega dos espaços verdes públicos, nem através de recomendações, nem de medidas.

Em 2017, a severidade das secas impulsionou a Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2017 que, pela primeira vez, impõe restrições claras à rega destes espaços, ainda que, estas restrições não tenham abrangência nacional e assumam um carácter de excecionalidade. Em 2017, foi criada a Comissão Permanente de Prevenção, Monitorização e Acompanhamento dos Efeitos da Seca [23], debaixo da alçada do Ministério da Agricultura e da Alimentação. Vulgarmente apelidada como a Comissão da Seca e enquadrada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2017, esta entidade tem elaborado planos e medidas para os episódios de seca extrema vividos em Portugal nos anos mais recentes. Em 2022, apresentou algumas medidas que tiveram efeito em 43 concelhos abastecidos por sistemas críticos. Nenhum destes concelhos se situa na AMP.

Uma das medidas de carácter excecional apresentadas para o nível de alerta H.3 (o mais grave) foi a recomendação aos municípios que apliquem medidas de suspensão temporária dos usos não essenciais de água da rede, entre elas a rega de jardins e outros espaços verdes (incluem-se na mesma situação a lavagem de ruas e contentores, novos enchimentos de piscinas, fontes decorativas e atividades com grande consumo de água) [24].

Em relação a estes instrumentos, um aspeto que gostaríamos de realçar é que estes apenas contemplam medidas corretivas, quando a aposta deveria ser em medidas preventivas. É bem sabido que nos últimos 20 anos os episódios de seca em Portugal têm-se agravado, verificando-se pela primeira vez, em 2017, todo o território nas classes de seca severa e extrema [25, 26]. Apesar da Região Norte ter normalmente uma disponibilidade hídrica mais elevada comparativamente ao resto do país, as projeções futuras do IPCC e do IPMA apontam sempre para uma diminuição da precipitação (entre 5 a 15%), aumento da temperatura e da evapotranspiração (ET). Sendo igualmente importante referir a crescente incerteza e vulnerabilidade inerente às alterações climáticas [26].

Neste ponto, voltamos à frase com se iniciou este manual **"A água é fundamental para a sobrevivências das plantas e para manter os espaços verdes urbanos saudáveis e funcionais"**, para reforçar que é nas situações de seca meteorológica que as plantas mais precisam de água podendo estar em causa a sua sobrevivência. É também durante estes períodos que a regulação microclimática feita pelos EVUs é especialmente crucial em áreas densamente habitadas, pelo que uma dotação otimizada da água deve ser encarada como uma boa prática e não como um desperdício.



2 Sobre este manual

2.1. Pressupostos e Questões

Este Manual surge no contexto do Plano Metropolitano de promoção do uso eficiente da água, que resulta de um protocolo de colaboração técnica e financeira entre a Área Metropolitana do Porto (AMP) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) [27]. Este plano tem como objetivos "melhorar e racionalizar o uso da água, através da prossecução de ações de sensibilização para a adoção de comportamentos de poupança e valorização da água, com vista ao seu uso eficiente e sustentável, agindo de forma preventiva no combate à escassez deste recurso" [27].

A elaboração deste Manual materializa um dos eixos de ação do referido Plano Metropolitano. É relevante também mencionar que este Plano surge em complemento a diversos outros planos já encetados pela AMP, tal como o Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas, que dá um contributo para a compreensão dos fenómenos relacionados com as mudanças do clima na AMP e fornece dados importantes para a avaliação de riscos climáticos [103].

A realização deste trabalho assentou em 4 pressupostos fundamentais:

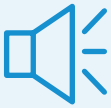
- Portugal prevê uma crescente escassez de água nos meses de Verão e é imprescindível antecipar estratégias e medidas para a sua mitigação [28].
- As cidades têm um papel central na adaptação climática, especialmente os EVUs, que desempenham serviços de ecossistema essenciais às populações [11, 29].
- Os EVUs, em particular os jardins e os parques, podem necessitar de ser regados, especialmente nas alturas de maior seca, pelo que é preciso atuar no sentido de uma gestão da água mais eficiente [7].
- Existe um vasto corpo de literatura científica sobre a temática do combate à escassez de água e estão a ser testadas novas formas de gestão da água à escala urbana em vários países com bons resultados e passíveis de serem adaptadas a outros locais [14].

Partindo destes pressupostos, surgiram uma série de questões relacionadas com a gestão da água em meio urbano e, em particular, para a rega de EVUs, entre as quais destacamos as seguintes:

- O que diz o quadro legislativo português e europeu no que diz respeito ao consumo de água, em especial para a rega?
- Que estratégias propõe a literatura técnico-científica para redução do consumo de água na rega?
- Que tecnologias e materiais estão disponíveis para utilização no âmbito de uma gestão racional da água para rega?
- Como promover a resiliência e adaptação dos EVUs às alterações climáticas e, especificamente, a períodos mais prolongados de escassez de água?
- A gestão eficiente da água é um assunto prioritário na agenda dos municípios da AMP?
- Que estratégias para uma gestão da água mais sustentável estão a ser implementadas pelos municípios da AMP?
- Que tipo de ferramentas estão a ser usados como apoio à tomada de decisão por parte dos municípios?

2.2. Objetivos

O Manual para a Gestão Sustentável da Água em Espaços Verdes Urbanos foi estruturado em torno de três grandes objetivos:



Perceber o Estado da Arte em relação a este tema através de uma revisão de literatura, apoiada maioritariamente em bases de dados científicas e sintetizar o conhecimento atual numa linguagem universal.



Efetuar um diagnóstico aos municípios da AMP no sentido de perceber que soluções estão já implementadas e em que aspetos é possível melhorar.



Elencar medidas para uma gestão sustentável da água fundamentadas na literatura e no diagnóstico aos municípios, sistematizando-as em duas escalas de intervenção.

Espera-se que este manual contribua também para uma discussão mais profunda sobre o papel vital dos espaços verdes urbanos na saúde e bem-estar das populações urbanas e para uma mudança de paradigma em relação à escassez da água, de forma que seja possível investir mais em medidas preventivas do que em ações corretivas.

2.3. Metodologia e organização do manual

Após a definição de objetivos, o processo metodológico compreendeu as seguintes fases: Revisão de literatura, Diagnóstico dos municípios da AMP e Definição de Medidas para uma gestão sustentável da água (Figura 2).



Figura 2 - Metodologia adotada para a elaboração do presente manual.

2.4. Como consultar este manual

Este manual é destinado a técnicos municipais com responsabilidade na gestão de espaços verdes urbanos e/ou na gestão da água à escala municipal, com diferentes formações de base e experiência no sector. Por esta razão, ao longo do manual procura-se ir fornecendo os conteúdos numa linguagem simples e clara, evitando entrar em descrições demasiado técnicas ou pormenorizadas. Este Manual encontra-se estruturado em 4 secções principais:

A **primeira secção** consiste numa **Introdução** ao tema da gestão sustentável da água, contextualizando e apresentando algumas ideias chave e conceitos essenciais para a sua discussão.

A **segunda secção** apresenta o resultado da revisão de literatura explicando o **Panorama Científico** atual. Nesta secção pode perceber-se o volume de informação que resultou das pesquisas e a sua organização em distintas frentes de investigação. Apresentam-se também as principais frentes de investigação no desenvolvimento de tecnologias e materiais de vanguarda.

A **terceira secção** faz uma caracterização e **Diagnóstico** dos municípios da AMP quanto ao conhecimento, preocupação, preparação e implementação de medidas para uma gestão mais sustentável da água, apresentando os resultados de um questionário online endereçado a cada município.

A **quarta secção** descreve as **Medidas** resultantes da revisão de literatura, procurando responder aosproblemas identificados no diagnóstico. As medidas estão divididas em duas escalas distintas: a escala do espaço verde urbano e a escala do município. Cada escala tem um separador onde estão compiladas todas as medidas relacionando-as com objetivos (Figura 3). Cada objetivo tem depois um separador próprio, onde as medidas são apresentadas em maior pormenor. A explanação de cada medida é, geralmente, acompanhada por referências de literatura específicas e adicionais à revisão feita previamente.

Exemplo

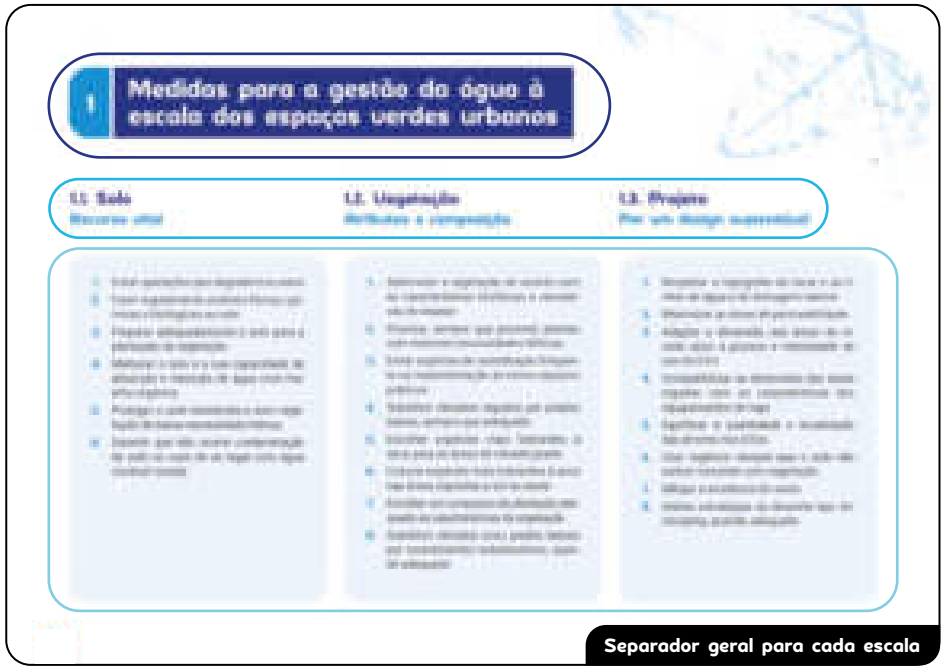
Pelo mundo

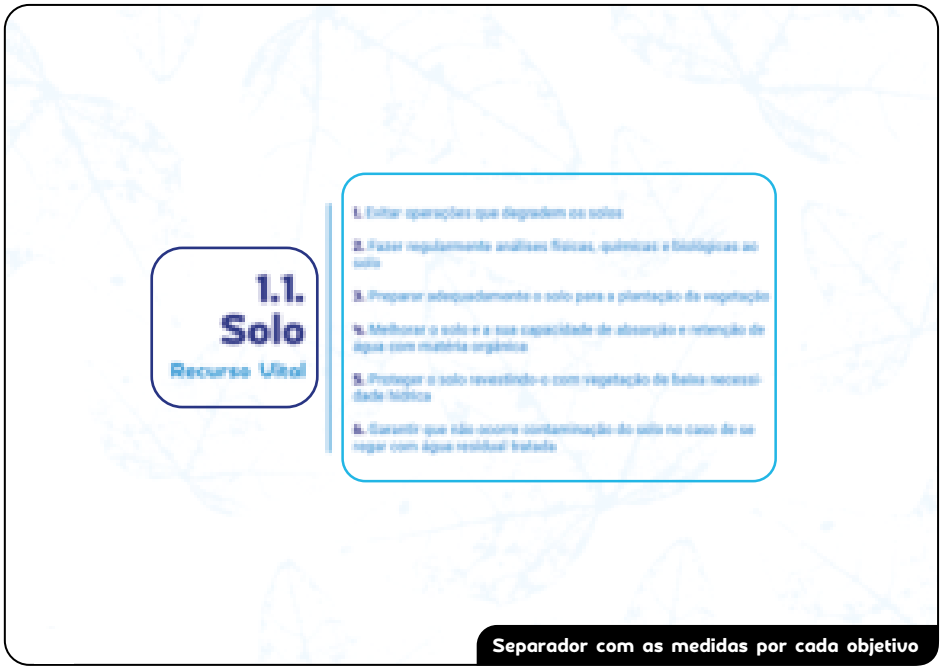
Na União Europeia, estima-se que 52 milhões de hectares de solo, o que corresponde a 16% da sua área total, se encontrem em risco de degradação. Em Portugal, atendendo à geomorfologia da paisagem e especificidade das condições ecológicas das regiões mediterrânicas, parte dos solos apresentam risco elevado de erosão consoante a existência ou não de cobertura vegetal, tipo de uso e práticas de gestão [119].

SABIA QUE?

A erosão é responsável pela perda de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano no mundo, reduzindo drasticamente a produtividade, a segurança alimentar e a capacidade de armazenamento de água e nutrientes [114].
Em média, 1 cm de solo demora 400 anos para se formar e durante uma enxurrada, onde o solo esteja exposto, as perdas podem ser de vários centímetros [115].

Procurou-se também dar informação complementar relevante sobre o assunto em duas caixas de destaque - *Sabia que?* e *Pelo mundo*. No final deste capítulo apresentam-se três cenários de aplicação de medidas para a redução da água utilizada na rega de EVUs.





Escala a que se destinam as medidas

Organização das medidas pelos objetivos

Listagem de todas as medidas sugeridas a esta escala

Objetivo

Medidas

Figura 3 – Diagrama esquemático sobre as capas de introdução temática e como consultá-las.

Atendendo aos objetivos deste Manual e à diversidade de contextos profissionais dos técnicos a quem se destina, construiu-se um Glossário para ajudar no entendimento de alguns conceitos. Fornece-se também em Anexo uma Lista de Espécies Eficientes no Uso da Água.

SECÇÃO II

Panorama Científico

1 Pesquisa de literatura

A revisão de literatura começou pela definição de objetivos e formulação dos termos de busca necessários para a pesquisa, ou seja, pela identificação do tema que se pretende explorar e que palavras-chave melhor descrevem o conjunto de artigos relativos a esse tema. Nalgumas bases de dados é necessário introduzir termos de busca mais complexos, recorrendo a operadores lógicos booleanos para estabelecer relações entre palavras-chave, enquanto noutras, o termo de busca é limitado a poucos caracteres ou o uso de termos de busca longos não é tão eficaz. Por esta razão, foram desenvolvidos termos de busca curtos em inglês e português e um termo de busca longo em inglês.

Os termos de busca simples utilizados foram: rega + "espaço verde urbano" (*irrigation* + "*urban green space*"), rega + cidades (*watering* + *cities*), "escassez de água" + "espaço verde urbano" ("*water scarcity*" + "urban green space"), "boas práticas" + rega ("good management practi*ces*" + *irrigation*), "*water sensitive cities*", "*low impact development*", "*water management*" e "*stormwater management*".

O termo de busca longo foi desenvolvido exclusivamente em inglês: ("*urban green space**" OR "green space*" OR garden* OR park*) AND (irrigation OR watering) AND (innovati* OR new OR technolog* OR smart* OR intelligent) AND (design* OR planning OR mitigat* OR adapt* OR solution* OR strateg*).

A Pesquisa nas bases de dados recorreu a diversas fontes. Primeiramente foi feita uma pesquisa em bases de dados científicas, que consistem em repositórios globais de artigos científicos, neste caso, SCOPUS e Web of Science. Numa segunda fase, recorremos à pesquisa de literatura cinzenta, (isto é literatura que resulta da investigação produzida fora dos canais de publicação e distribuição comerciais ou académicos) no Google académico (que inclui artigos, teses, dissertações e outras publicações úteis para investigadores) e Google books (livros).

Adicionalmente, procuraram-se outros tipos de literatura cinzenta com relevância para o projeto, tais como legislação (www.dre.pt), teses de mestrado e doutoramento (Repositório da Universidade de Lisboa e Porto), manuais e relatórios produzidos por entidades gestoras nacionais e internacionais. Para além destes, consultaram-se também notícias nos media e os websites da AMP e dos seus municípios.

A pesquisa realizada permitiu reunir um universo de 2575 artigos, ilustrando bem o interesse gerado pelas temáticas relacionadas com a gestão em meio urbano deste recurso vital que é a água, em particular a utilização de água para a rega de parques, jardins e outros EVUs. Foi esta base de dados de mais de 2000 artigos que alimentou os seguintes capítulos desta Secção II, nomeadamente a Caracterização geral da literatura e Temáticas identificadas na literatura, uma vez que se considerou pertinente fazer uma caracterização mais alargada sobre a literatura recolhida.

Desta forma, foi possível fazer a caracterização geral da literatura analisada, a Revisão do estado-da-arte, principais conceitos e tendências, onde se faz um panorama da investigação científica nesta área e se exploram as diferentes temáticas principais que a compõem.

Para proceder ao desenvolvimento das medidas e orientações da Secção IV, fez-se uma Avaliação crítica dos estudos mediante critérios de inclusão/exclusão e a sua catalogação por temáticas. Ou seja, dos mais de 2000 artigos recolhidos, foram aplicados critérios de inclusão, sendo apenas considerados artigos especificamente dedicados à rega ou gestão da água em EVUs. Daqui resultaram 1112 artigos aos quais foram, de seguida, aplicados critérios de exclusão, nomeadamente a ausência de estratégias ou soluções possíveis de se transformarem em medidas práticas para o uso eficiente da água. A esta lista de artigos foram ainda adicionadas outras fontes relevantes (21) provenientes de literatura cinzenta (por exemplo, teses, relatórios e outros manuais). Finalmente, 363 artigos demonstraram maior potencial para conterem informação relevante e sugerir medidas práticas possíveis de serem adaptadas para este manual.

2 Caracterização da literatura

A literatura científica sobre o tema remonta a 1974 e tem vindo a aumentar exponencialmente ao longo do tempo, especialmente depois do ano 2000 (Figura 4).

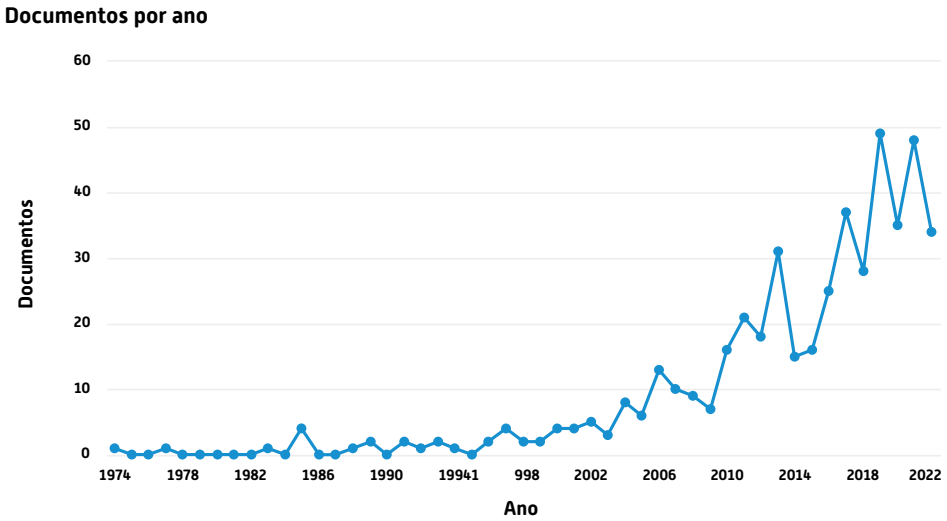


Figura 4 - Número de documentos, por ano, no SCOPUS.

A distribuição geográfica dos estudos é bastante diversificada. Os autores que mais publicam sobre esta matéria têm a sua investigação sediada nos Estados Unidos da América, Austrália, China, Índia e Espanha. A lista dos 20 países que mais publicam sobre o assunto (Figura 5) evidencia que a problemática da gestão da água ocorre de facto à escala global e Portugal também se encontra na lista, em 13º lugar. Vários países mediterrânicos integram esta lista, tais como Espanha, Itália ou Grécia, o que revela uma preocupação crescente com a escassez de água na bacia mediterrânica.

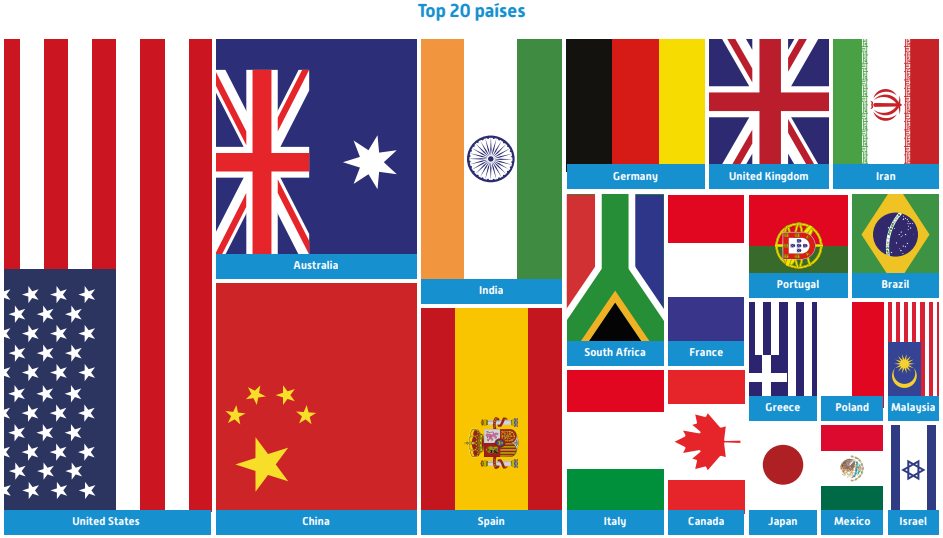


Figura 5 - Top 20 dos países com mais publicações na pesquisa efetuada.

3 Temáticas identificadas na literatura



Figura 6 - Rede bibliométrica com a co-ocorrência de palavras-chave dos resultados da pesquisa no SCOPUS.

De modo a identificar temáticas no amplo espectro da literatura recolhida, procedeu-se a uma análise de redes de coocorrência de palavras-chave extraídas da literatura científica, elaborado no software VosViewer (Figura 6) que nos permitiu visualizar, destacando com diferentes cores, os quatro principais temas de pesquisa.

O grupo verde destaca a palavra **REGA**, tendo associadas outras palavras-chave como: agricultura, automação, alterações climáticas, reutilização de água, humidade do solo e escassez de água.

Este cluster inclui artigos especializados na eficiência dos sistemas de rega instalados. O grande foco na agricultura deve-se principalmente ao facto de que as tecnologias são desenvolvidas para a produção agrícola e posteriormente são adaptadas a outros tipos de usos, tais como a rega de espaços verdes. Na agricultura importa aumentar a eficiência e a produtividade para rentabilizar as culturas e tirar o maior proveito económico. Estas culturas têm normalmente ciclos curtos, pelo que a escassez hídrica pode significar uma quebra na produção.

Os sistemas de base natural também são mencionados, bem como a importância de usar outras fontes de água, como a reutilização de água tratada. No fundo, estas soluções vêm complementar a eficiência dos sistemas.

Alguns artigos relacionados com este cluster recomendados para consulta:

F. Canales-Ide, S. Zubelzu and L. Rodríguez-Sinobas. (2019) Irrigation systems in smart cities coping with water scarcity: The case of valdebebas, Madrid (Spain). https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.062 [30].

A. S. Qureshi. (2022) Challenges and prospects of using treated wastewater to manage water scarcity crises in the Gulf Cooperation Council countries. https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28216 [31].

S. J. Livesley, V. Marchionni, P. K. Cheung, E. Daly and D. E. Pataki. (2021) Water Smart Cities Increase Irrigation to Provide Cool Refuge in a Climate Crisis. https://doi.org/10.1029/2020EF001806 [32].

O grupo azul destaca a palavra **SUSTENTABILIDADE**, tendo associadas outras palavras-chave como: gestão de águas pluviais, captação de água e Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID – *Low Impact Development*).

Para a formação deste cluster, contribuem artigos que discutem de que maneira as cidades podem ser mais resilientes e sustentáveis, aprimorando de forma criativa a qualidade e a quantidade de áreas azuis e verdes, dentro e ao redor delas. Este cluster tem uma posição interessante na Figura 6, visto que não forma um grupo coeso, mas antes, é um tema transversal a todos os outros. Este cluster é também o mais amplo, ilustrando dois extremos da rede. Por um lado, menciona-se a importância da captação, armazenamento e distribuição da água, gestão de águas pluviais e soluções LID (soluções a grande escala) e do outro, soluções a menor escala, neste caso, os jardins verticais. A mesma ideia de escalas díspares está ilustrada nas palavras-chave agroforestry (agrofloresta) e kitchen garden (horta caseira), mostrando como o tema da sustentabilidade é bastante diverso e abrangente.

Alguns artigos relacionados com este cluster recomendados para consulta:

B. Bayulken, D. Huisingh and P. M. J. Fisher (2021) How are nature-based solutions helping in the greening of cities in the context of crises such as climate change and pandemics? A comprehensive review. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125569 [33].

H. Fowdar, E. Payne, A. Deletic, K. F. Zhang and D. McCarthy. (2022) Advancing the Sponge City Agenda: Evaluation of 22 plant species across a broad range of life forms for stormwater management. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106501 [34].

J. W. M. Agar, R. E. Simmonds, R. Knight and C. A. Somerville. (2009) Using water wisely: New, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. https://doi.org/10.1111/j.1542-4758.2009.00332 [35].

M. A. M. Veloza, M. C. Dadati, R. Giordano and L. Savio. (2022) Water security: the "new normality" of informal settlements. Nature-Based Solutions as sustainable mitigation and adaptation strategies. https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2022.17437 [36]

O grupo vermelho destaca a expressão **GESTÃO DA ÁGUA**, tendo associadas outras palavras-chave como: qualidade da água, água residual tratada, águas subterrâneas, jardinagem e arquitetura paisagista.

Este cluster engloba uma rede de assuntos dispersos e difere dos restantes clusters, pelo foco no desenho das soluções para a gestão da água na ótica do utilizador, incluindo inúmeros artigos dedicados aos telhados verdes, às *xeriscapes* (paisagens associadas a baixa ne-

cessidade de rega) ou à comparação e seleção de plantas com baixas necessidades hídricas. Alguns conceitos que surgem apenas neste grupo e que importa mencionar referem-se à educação e a ciência cidadã, comprovando a crescente importância não só da divulgação de soluções inovadoras, mas também dos múltiplos estudos de perceção que têm tentado compreender a sua aceitação junto do público. Outro tema que também só surge neste cluster e que é cada vez mais abordado cientificamente é a avaliação ou análise dos ciclos de vida das soluções e materiais envolvidos nestas novas técnicas de gestão da água. Por fim, analisando a rede de coocorrências verificamos que este conjunto temático está muito próximo do cluster da Sustentabilidade, partilhando várias ligações e conceitos (água de reuso, água recuperada e desenvolvimento sustentável).

Alguns artigos relacionados com este cluster recomendados para consulta:

L. Monteiro, R. Cristina and D. Covas. (2021) Water and energy efficiency assessment in urban green spaces. https://doi.org/10.3390/en14175490 [8]

M. M. Cui, F. Ferreira, T. K. Fung and J. S. Matos. (2021) Tale of Two Cities: How Nature-Based Solutions Help Create Adaptive and Resilient Urban Water Management Practices in Singapore and Lisbon. https://doi.org/10.3390/su131810427 [37]

O. L. Corbaci and E. Bayramoglu. (2021) Drought Tolerant Ladscape Design Approach Example Of RTE Campus. [38]

L. Freitas, M. J. Afonso, A. Pereira, C. Delerue-Matos and H. I. Chamine (2019) Assessment of sustainability of groundwater in urban areas (Porto, NW Portugal): a GIS mapping approach to evaluate vulnerability, infiltration and recharge. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8167-6 [39]

O grupo amarelo destaca a palavra **NOVAS TECNOLOGIAS**, tendo associadas outras palavras-chave como: inteligência artificial, jardim inteligente, casa inteligente e sistemas de rega.

Este cluster de investigação está ligado ao progresso científico e tecnológico de sistemas inteligentes, principalmente devido ao desenvolvimento da Internet das Coisas (Internet of Things – IoT) e da inteligência artificial. Estes artigos procuram melhorar a eficiência do uso destas tecnologias aplicadas à rega. Alguns artigos desenvolvem a sua pesquisa ao nível de casas inteligentes, outros procuram reduzir custos na agricultura, mas surgem cada vez mais artigos que se preocupam com o conceito smart cities, ou cidades inteligentes. Na realidade, a investigação de sistemas de rega inteligentes aplicado às cidades é recente e terá com certeza desenvolvimentos importantes, à medida que a tecnologia vai evoluindo e os materiais e software se vão democratizando e tornando mais acessíveis. Apesar de ser o cluster mais pequeno da Figura 6 é um grupo muito coeso, revelando grande proximidade e robustez temática dos artigos que contribuíram para a sua formação.

Alguns artigos relacionados com este cluster recomendados para consulta:

C. Stolojescu-Crisan, B. P. Butunoi and C. Crisan. (2022) An IoT Based Smart Irrigation System. https://doi.org/10.1109/MCE.2021.3084123 [40]

A. Aldegheishem, N. Alrajeh, L. Garcia and J. Lloret (2022) SWAP: Smart WAter Protocol for the Irrigation of Urban Gardens in Smart Cities. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3165579 [41]

S. Silva, T. Cardoso, P. Barros, H. Ribeiro, P. Carvalho and S. R. Lima (2020) A Flexible System for Optimising Green Spaces Irrigation. https://doi.org/10.23919/SpliTech49282.2020.9243756 [42]

M. Yuli, R. Puig, M. A. Fuentes, D. Civancik-Uslu and M. Capilla (2019) Eco-innovation in garden irrigation tools and carbon footprint assessment. https://doi.org/10.1007/s13762-018-1937-y [43]

3.1. Tecnologias e materiais de vanguarda

Na revisão de literatura foram encontradas referências a várias tecnologias e materiais inovadores que, por razões diversas, ainda não são amplamente utilizados na rega de EVUs. Por exemplo, alguns estão ainda em desenvolvimento e em fase de testes, como é o caso dos materiais decompostáveis ou biodegradáveis; outros não são ainda economicamente viáveis, como é o caso da captação de água a partir da atmosfera. Há ainda outros exemplos, como os agentes humectantes e surfactantes, que estão disponíveis no mercado, mas são usados sobretudo noutros contextos, como na agricultura, não tendo uma ampla utilização em EVUs. Encontram-se ainda alguns materiais como, por exemplo os polímeros superabsorventes, relativamente aos quais se desconhecem os riscos a longo prazo pelo que a sua utilização ainda não é recomendada.

Não obstante estes constrangimentos, entendeu-se ser pertinente mencionar estas possibilidades na medida em que a ciência e os mercados evoluem com grande rapidez, ainda mais na atualidade em que são impostos pela urgência e pressão social para uma gestão mais eficiente da água para rega.

Na Figura 7 procurou-se sintetizar a informação disponível sobre o grau de desenvolvimento e utilização em EVUs das tecnologias e materiais de vanguarda identificados na literatura.

De seguida, apresenta-se uma breve descrição sobre cada um dos materiais e tecnologias mencionados, explicando de forma sucinta o seu estado de desenvolvimento.

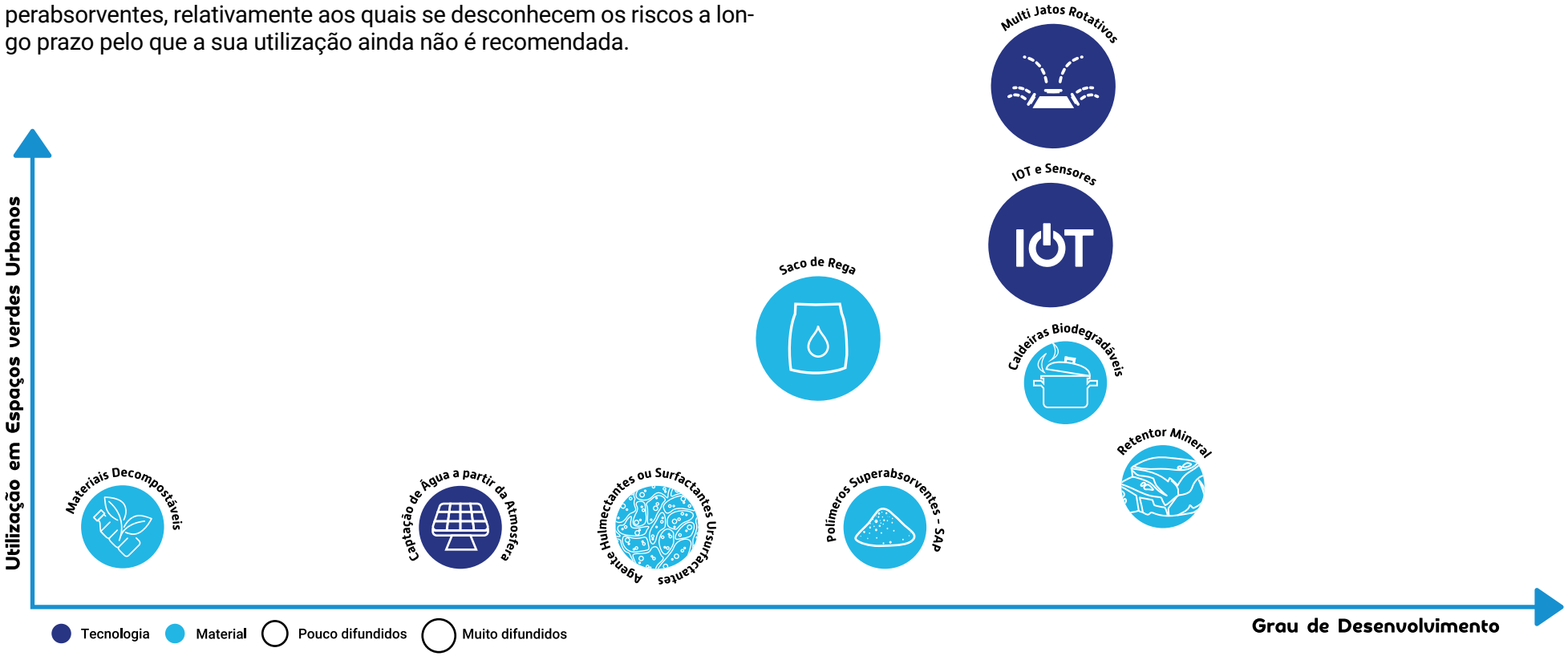


Figura 7 - Grau de desenvolvimento e grau de utilização em Espaços Verdes Urbanos de tecnologias e materiais de vanguarda.

3.1.1. Sistemas de rega inteligentes – IoT e sensores

Os sistemas de rega inteligentes dependem da tecnologia IoT (*Internet of Things*), que consiste na conexão entre a Internet e uma variedade de dispositivos e sensores (Figura 8), o que permite, por exemplo, que sistemas de rega possam atuar em tempo real de acordo com as condições atmosféricas e climáticas e aumentar a eficiência na rega e diminuição de consumos [44, 45].

Os sistemas de rega inteligentes atualmente disponíveis no mercado português são de dois tipos:

Tipo 1: sistemas inteligentes com ligação por *wifi* ou *wireless* que funcionam através de previsões meteorológicas calculadas para o local. Perante uma previsão de chuva, o sistema faz um cálculo ajustado à percentagem de rega e a pluviometria (quantidade de água debitada). Por exemplo, 100% rega equivale a 10 minutos, então 20% rega equivale a 2 minutos.

Tipo 2: sistemas inteligentes que recorrem a informação de sensores. Os sistemas baseados em sensores são comumente divididos em três classes: sensores de precipitação, sensores de humidade do solo e controladores de evapotranspiração. A informação obtida através dos sensores permite regar com maior precisão, por exemplo, apenas quando o teor de humidade no solo atinge um certo limite.

A revisão de literatura científica revelou outras tendências relativamente à implementação de sistemas de rega inteligentes, que estão a ser desenvolvidas e que são referidas como sistemas inteligentes do futuro [46]. Entre estes referem-se, por exemplo, sistemas apoiados em sensores especializados [47, 48]; sistemas que integram bases de dados de vegetação [49]; sistemas integrados em rede [50]; e sistemas de monitorização e gestão de rega inteligente integrado e móvel [46].

SABIA QUE?

O conceito *Internet of Things* (IoT) foi proposto em 1999, por Kevin Ashton, no Laboratório de Auto-ID do MIT e descreve uma rede de objetos físicos que se conectam uns aos outros através da internet. *Internet of Things* é, assim, uma arquitetura que compreende placas de hardware (Arduino, Raspberry Pi, Intel Edision, Intel Galileo, Netduino), sistemas de software, APIs da web e protocolos que, juntos, criam um ambiente integrado que permite que dispositivos inteligentes sejam conectados à Internet. Deste modo, os dados obtidos podem ser acedidos remotamente. Estudos mais recentes mencionam o uso de ZigBee, LoRa (*Long Range*) e LoWPAN (*Low-Power Wireless Personal Area Network*) para criar redes mais eficientes.

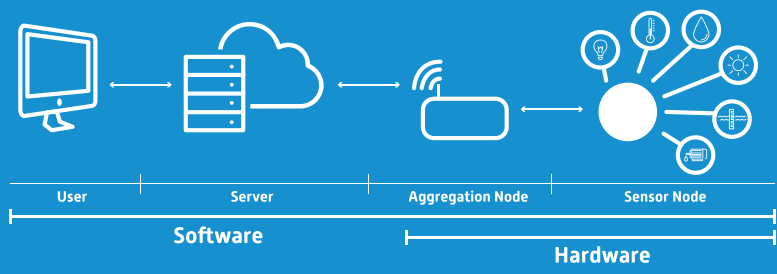


Figura 8 - Visão simplificada da arquitetura de um sistema IOT. Adaptado de: [51].

Os sistemas apoiados em sensores especializados integram sensores que medem fatores tão diversos como a intensidade da luz, a temperatura, o uso de fertilizantes, a salinidade, o crescimento das plantas ou a deteção de pragas [52]. Vários estudos mostraram que através da adição de sensores extra aos controladores existentes ou usando controladores mais sofisticados, consegue-se aumentar ainda mais a eficiência do uso de água e diminuir os custos associados. O uso destes sensores, para além de economizar água, permite ainda otimizar a manutenção, através de alertas e recomendações dados pelo próprio

sistema, tais como a necessidade de fertilização e deteção de falhas no sistema [52].

Hoje em dia existe também a possibilidade dos sistemas integrarem bases de dados de vegetação, que acedem a uma plataforma no sistema IoT com várias informações sobre características das espécies de plantas do local, ajustando a rega às necessidades hídricas dessas espécies. Esta tecnologia surgiu com maior enfoque de aplicação no setor agrícola (rega de precisão de policulturas) [53], mas está já a ser desenvolvida em vários países com o foco na rega de espaços verdes.

Nos sistemas integrados em rede (Figura 9), a utilização de sistemas IoT permite ter um controlo online centralizado de toda a rede de espaços públicos, permitindo uma maior autonomia, visto que é tomada sempre a melhor decisão com base no conjunto de inputs a que o sistema tem acesso [54].

Os sistemas de monitorização e gestão de rega inteligente integrado e móvel baseiam-se na utilização de apps capazes de fazer recomendações com base em IoT. Na literatura nota-se uma tendência para o desenvolvimento de apps (Figura 10), que usam dados de plantas para fornecer orientações personalizadas, tais como, que planta selecionar tendo em conta os fatores ambientais do local, e os horários mais adequados para a sua rega [55, 56]. Algumas apps recorrem também a reconhecimento automatizado de plantas usando Deep Learning e inteligência artificial [57, 58].

Apesar do enorme potencial, ainda existem muitos desafios na implementação de sistemas IoT. Alguns desses desafios relacionam-se com a possibilidade de manter o seu elevado rendimento a longo prazo, diminuir o consumo de energia, manter a qualidade de serviço sem atrasos ou demoras, controle de congestionamento, escalabilidade, confiabilidade e segurança.

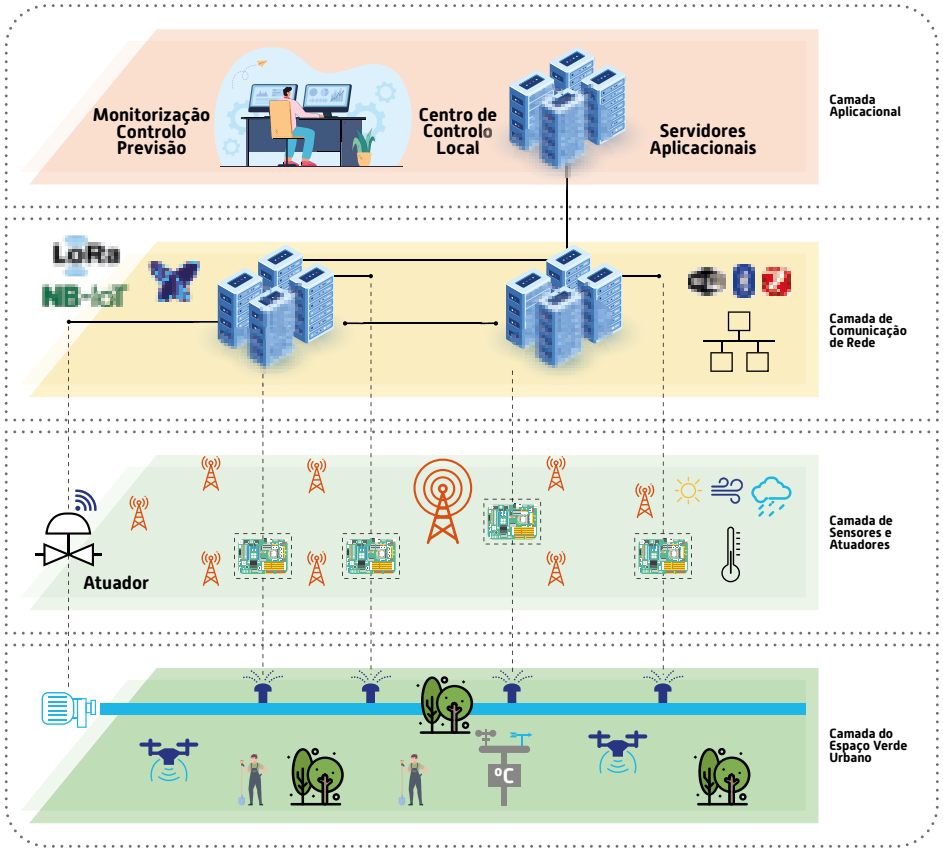


Figura 9 - Esquema de sistema integrado em rede. Adaptado de: [50].

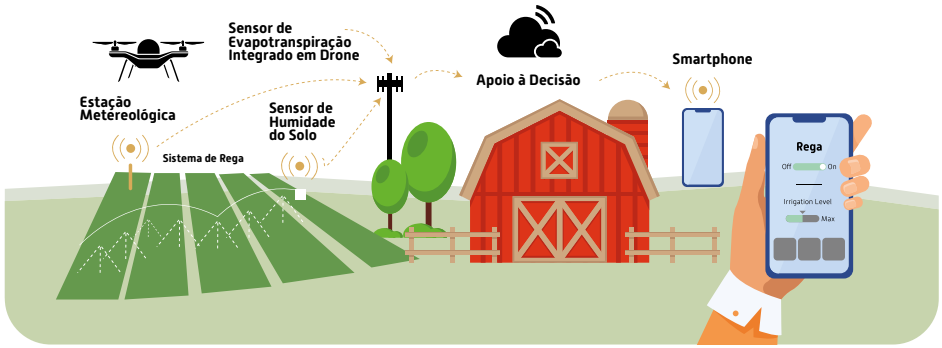


Figura 10 - Sistema de monitorização e gestão de rega inteligente integrado e móvel. Adaptado de: [59]

3.1.2. Multi jatos rotativos

O sistema de rega com multi jatos rotativos apresenta um consumo de água até 30% inferior comparado com outros sistemas de aspersão (Figura 11). Em vez de um único jato de aspersão de água, eles fornecem múltiplos jatos de água a um ritmo pausado e contínuo. Este compasso de aplicação permite que a água se infiltre aos poucos no solo e com distribuição homogénea ao longo de toda a área a regar, reduzindo consideravelmente o escoamento superficial [60].

Os multi jatos rotativos são uma ótima escolha para novos sistemas, já que fornecem uma grande versatilidade de alcance (raio de 2,5 m a 10,7 m), reduzem os custos com material e asseguram uma melhor eficiência do sistema [60]. Também são ideais para substituir sistemas mais antigos, já que podem ser instalados num corpo de aspersor clássico, passando a ser um aspersor de elevada uniformidade e baixa taxa de precipitação, proporcional a qualquer raio de alcance. Este produto está disponível no mercado há mais de uma década, mas ainda é pouco utilizado na rega de EVUs.

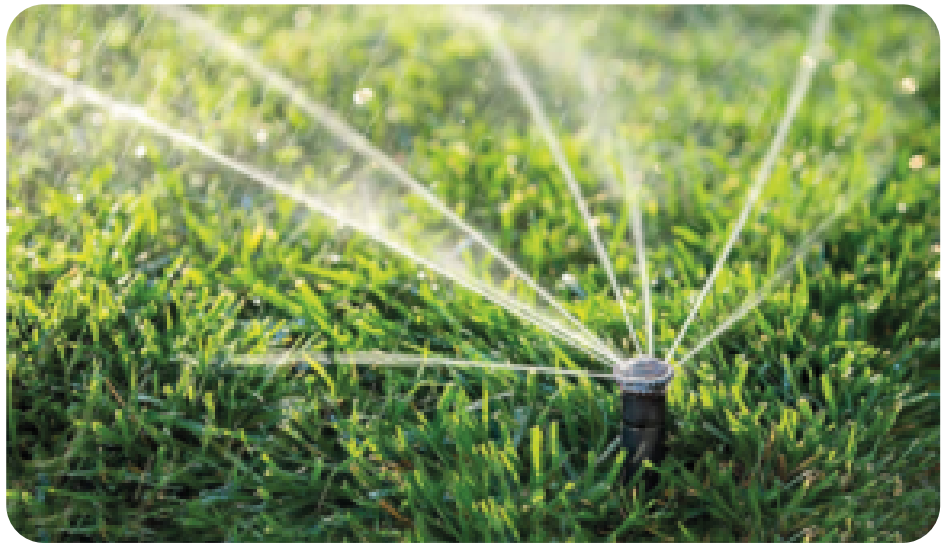


Figura 11 - Bico de rega tipo multi jatos rotativos. Fonte: [60].

3.1.3. Retentores de água no solo

A incorporação de aditivos no solo para melhorar as suas características, nomeadamente a capacidade de retenção de água no solo, é um procedimento antigo. Estes aditivos tinham geralmente uma origem mineral e a literatura continua a destacar as suas vantagens. Por exemplo, produtos comerciais à base de zeolite continuam a ser recomendados em solos arenosos, com uma capacidade de retenção de água muito baixa, sendo, por isso, muito utilizados no Médio Oriente [61].

O zeolite tem uma capacidade de absorção de água até 420% e propriedades únicas (alta porosidade e alta capacidade de troca catiónica) que o tornam um dos minerais mais eficazes na redução da água para rega, sendo já muito utilizado na agricultura. O zeolite é comercializado combinado com outras substâncias orgânicas e inorgânicas de origem natural (Figura 12), e é adicionado ao solo no sentido de melhorar a sua estrutura e aumentar a capacidade de retenção de água (alguns estudos referem uma redução na velocidade de infiltração da água de rega em até 85%) [61]. Deste modo, as raízes das plantas têm mais tempo para absorver a água e ocorre menor perda de água através da percolação.



Figura 12 - Retentor mineral - zeolite. Fonte: [61].

As vantagens de melhorar a capacidade de retenção de água no solo levaram ao desenvolvimento de outro tipo de produtos, não naturais, como os Polímeros Superabsorventes (SAP) e os Agentes Humectantes ou Surfactantes.

Polímeros Superabsorventes (SAPs)

Os polímeros superabsorventes (SAPs) são classificados como hidrogéis que são capazes de "absorver e reter quantidades extremamente grandes de um líquido em relação à sua própria massa" (Figura 13). Os primeiros resultados aplicáveis dos polímeros superabsorventes remontam ao início da década de 1970-80 [62].

O uso de polímeros superabsorventes contribui assim para melhorar a capacidade de retenção de água e nutrientes no solo. A sua função é reter a água da chuva ou da rega, e libertá-la lentamente, garantindo a humidade do solo. No entanto, existem ainda várias preocupações em relação ao uso deste tipo de polímeros, nomeadamente o nível de toxicidade e impacte ambiental. As principais preocupações com a segurança de utilização destes polímeros devem-se ao seguinte:

- A maioria dos SAPs não são biodegradáveis. Embora os produtos da degradação não sejam tóxicos, há uma compreensão limitada dos mecanismos de degradação destes compostos e dos efeitos cumulativos que podem ocorrer nos ecossistemas. A meia-vida geral dos SAPs no solo é de 5 a 7 anos [63], mas a sua longevidade será influenciada pelo pH do solo.
- A maioria das fichas de dados de segurança de materiais para SAPs classificam esses compostos como sendo de pH neutro, inerte e, em geral, "Seguros e Não-tóxicos", pelo que não são regulamentados como materiais perigosos. Contudo, alguns podem ser irritantes se a exposição for acima da quantidade recomendada e não existem ainda estudos suficientes para confirmar a segurança do seu uso a longo prazo [64].
- A aplicação de polímeros superabsorventes no solo é "irreversível", o que significa que eles não podem ser removidos do solo ou retornar aos materiais de origem [65].

SABIA QUE?

Ao longo dos últimos anos, as aplicações de polímeros superabsorventes têm-se expandido fortemente. O seu maior uso é em produtos de cuidados higiénicos, tal como as fraldas descartáveis. Porém, as possíveis aplicações e medicina têm sido amplamente estudadas nos últimos 10 anos. O seu potencial é tão relevante, que uma frente de investigação nesta área concentra-se no desenvolvimento de polímeros superabsorventes obtidos a partir de produtos naturais ou novos materiais baseados em celulose renovável, como por exemplo a cana-de-açúcar [66].

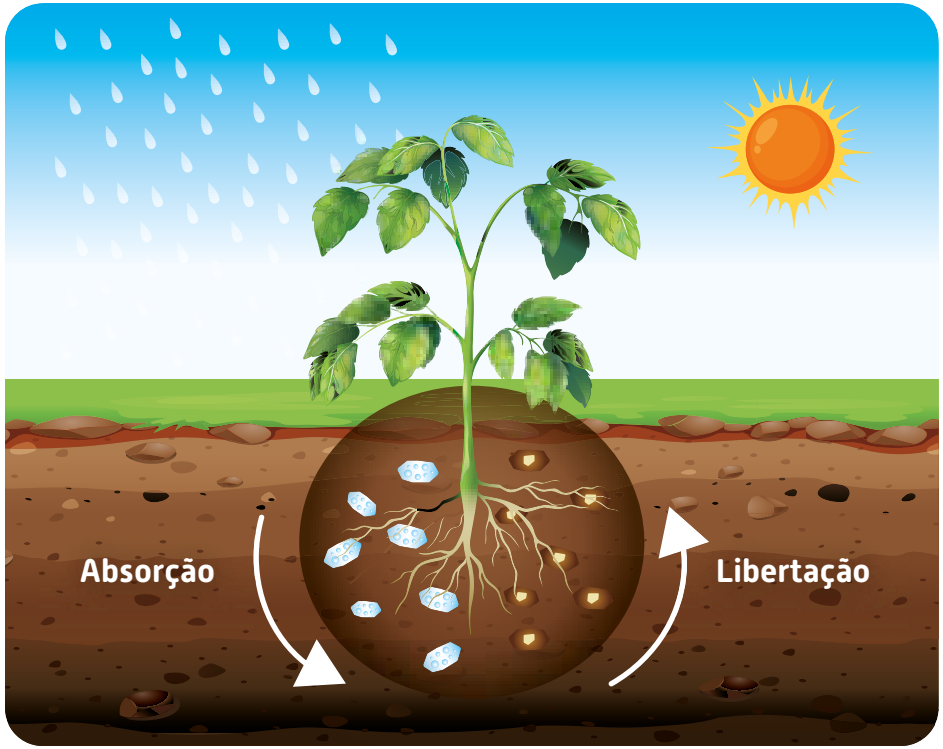


Figura 13 - Polímeros SAPs. Adaptado de: [67].

Agentes Humectantes ou Surfactantes

Os agentes humectantes, também apelidados de surfactantes, são substâncias hidrofílicas que melhoram a capacidade do solo para absorver água. Em geral, são compostos sintéticos polihidroxilados, que diminuem a tensão superficial do solo (tensioativos), facilitando a penetração da água. A tensão superficial é maior em solos mais secos, o que impede que a água penetre de forma uniforme e profunda. Geralmente recomenda-se que estes produtos sejam pulverizados sobre o solo a cada dois meses, possibilitando uma melhor infiltração da água e redução de desperdício. Estes tipos de produtos são muito utilizados em campos desportivos e de Golf [68].

3.1.4. Caldeiras biodegradáveis

As caldeiras biodegradáveis assemelham-se a vasos e são colocadas na cova da árvore que será plantada (Figura 14). Têm capacidade de armazenar água e libertá-la lentamente, mas devido a baixa capacidade (geralmente 25 litros) pode ser necessário repor água com frequência [69]. São particularmente úteis na fase de estabelecimento da planta e são ideais para locais onde não é viável instalar sistemas de rega tradicionais ou quando o número de árvores a instalar é reduzido e não justifica esse investimento. Sendo biodegradáveis, duram geralmente o tempo de instalação da planta deixando depois de ser necessários [69].



Figura 14 - Caldeira biodegradável.
Fonte: Courtesy Groasis.

3.1.5. Saco de rega

O saco de rega é um saco em PVC onde se armazena água, que é libertada lentamente para o solo, geralmente por gotejamento (Figura 15) [70]. Estes sacos têm normalmente capacidade de 15 a 20 L e são sobretudo utilizados na fase de instalação das árvores, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular [71].



Figura 15 - Saco de rega.
Fotografia de Cláudia Fernandes.

3.1.6. Captação de água a partir da atmosfera

Em algumas regiões do globo, o acesso à água potável é cada vez mais difícil. Uma tendência de investigação identificada na literatura dedica-se a otimizar estruturas metal-orgânicas ao nível do átomo com as quais a água pode ser "colhida" a partir da atmosfera. Os materiais metal-orgânicos porosos ou MOFs (*Metal-Organic Frameworks*) desempenham um papel fundamental neste tipo de soluções [72]. As suas cavidades são especialmente adequadas para reter moléculas de água do ar, mesmo com um nível de humidade de apenas 20%, comum em desertos. Posteriormente, o calor do sol liberta a água "colhida" para fora do MOF, criando o acesso a água potável limpa sem energia adicional. O projeto MOF-801 baseado em zircónio e testado num campo do deserto do Arizona, foi capaz de produzir cerca de 100 mililitros de água por quilograma de MOF [73]. O preço desta tecnologia é, para já, o maior constrangimento ($625 USD por dispositivo de 1 kg de MOF-801) [74]. Contudo, estão a ser testados em laboratório novos materiais semelhantes, com melhor custo-eficiência, como o MOF-303 (150 vezes mais barato e capaz de captar o dobro de água) [75].

Pelo mundo

Arizona - A Zero Mass Water, co, é uma das startups de tecnologia de água mais bem-sucedidas do mundo em termos de captação de recursos. Alguns dos seus investidores são os homens mais ricos do planeta, tais como Bill Gates, Jeff Bezos e Jack Ma. No entanto, no coração do negócio há um paradoxo: a tecnologia produz uma das águas mais caras do mundo para a fornecer às populações mais pobres do mundo. Esta equipa, sediada em Berkeley, não é a única a trabalhar neste tipo de tecnologia, outras equipas e empresas em redor do mundo estão empenhadas em tornar esta solução viável à escala mundial, tais como o projeto de investigação da Hydro Harvest Operation Team e a empresa SOURCE sediada no Dubai [76].

Austrália - Uma equipa de investigação australiana desenvolveu, em 2017, um dispositivo que foi premiado pelo XPRIZE, uma competição internacional que premiava invenções que poderiam ajudar a "aliviar a crise global da água". A equipa Hydro Harvest Operation Team inventou um dispositivo que extrai da atmosfera "um mínimo de 2.000 litros de água por dia usando 100% de energia renovável, a um custo não superior a 2 cêntimos por litro" (Figura 16) [77]. Este dispositivo, semelhante ao modelo de Berkeley, absorve água à noite em bolsas de sílica. As bolsas são aquecidas por energia solar durante o dia libertando vapor de água, que é então condensado. Mas, ao contrário do projeto de Berkeley, usa energia solar para aquecer o ar e para acionar um ventilador e um condensador.

Dubai - A empresa SOURCE está a desenvolver um projeto no Dubai com hidropainéis (Hydropanels), que também são alimentados por painéis solares (Figura 17). Vahid Fotuhi, vice-presidente da empresa, assegura "Pode-se coletar água do ar usando energia solar e nada mais, sem necessidade de eletricidade, sem necessidade de uma rede, sem necessidade de infraestrutura – é perfeitamente autossuficiente" [76]. Neste momento, a maior "quinta" de água da empresa produz 1,5 milhões de litros de água por ano [79].

A SOURCE já instalou os seus hidropainéis em vários locais do mundo, especialmente em hospitais e escolas com dificuldade no acesso à água. Também atraiu clientes comerciais, sobretudo em países com paisagens isoladas no deserto que recebem turistas. Um dos seus pontos fortes é a escalabilidade deste tipo de solução, desde o uso de um painel numa casa de família, até vários instalados em grandes resorts hoteleiros. A sua próxima parceria será na costa do Mar Vermelho na Arábia Saudita, onde uma empresa de construção civil pretende instalar 18 hotéis capazes de gerar a sua própria água, com recurso à tecnologia da SOURCE [79].



Figura 16 - Painel para captação de água do ar criado pela Hydro Harvest Operation Team. Fonte: [78].



Figura 17 -Painéis para captação de água a partir do ar da SOURCE, no Dubai. Fonte: [79].

3.1.7. Materiais decompostáveis ou biodegradáveis

O plástico é o material mais utilizado nos sistemas de rega. Não sendo biodegradável, permanece no solo, poluindo-o, afetando a atividade microbiana, diminuindo a sua porosidade, e consequentemente a circulação de ar. No sentido de diminuir o impacte ambiental da utilização do plástico nos sistemas de rega, realizaram-se várias experiências com materiais decompostáveis ou biodegradáveis, sobretudo para utilização em sistemas de rega gota a gota, que tendem a tornar-se rapidamente obsoletos gerando enormes quantidades de plástico inútil. Contudo, até à data, estas experiências não foram bem-sucedidas devido à rapidez com que ocorre a degradação do tubo, principalmente junto aos gotejadores, impedindo que a rega seja homogénea e eficiente [80, 81].

Alguns dos problemas dos tubos de rega biodegradáveis são:

- Maior perda de carga, o que significa que o atrito será maior nestes tubos;
- Dificuldade em fazer alterações no fluxo de água;
- Não é duradouro em ambientes agressivos;
- Custo-benefício negativo;
- Requer mais competência na gestão e manutenção dos tubos.

Estes problemas não foram ainda resolvidos e o desenvolvimento de tubos gotejadores biodegradáveis ou decompostáveis parece neste momento parado.

4 Conceitos e Abordagens para a gestão da água em meio urbano

Do vasto corpo de literatura analisada identificaram-se dois momentos em que o foco dos trabalhos publicados se distinguia. No início do século XXI, a produção técnico-científica dava um ênfase particular à apresentação e explicação dos benefícios da implementação/adoção de conceitos como cidades sensíveis à água (*water sensitive cities*), soluções de base natural (*Nature-based Solutions* - NBS) [33], desenvolvimento de baixo impacto (l*ow impact development* - LID), gestão sustentável de águas urbanas (*Sustainable Urban Water Management* - SUWM) [82], sistemas urbanos de drenagem sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems* - SuDs), cidades esponja (*sponge cities*) [83], captação de águas pluviais (*rainwater harvesting*) ou o ciclo urbano da água.

De um modo geral, todos estes conceitos apontam para uma mudança de paradigma na gestão da água nas cidades, por forma a torná-las mais sustentáveis e resilientes [7]. Não é apenas uma questão de reduzir a água usada na rega ou substituir as plantas por outras de necessidades hídricas inferiores, mas sim uma questão de gerir o uso de água urbana de uma forma integrada e sustentável, por exemplo, a captação e armazenamento de águas pluviais pode colmatar a escassez de água em meses mais secos [84]. Adotando uma abordagem de gestão integrada de recursos, os efluentes urbanos tratados constituem uma oportunidade ou um recurso e não um problema ou resíduo. Tanto que a água residual é agora denominada ApR - **Água para Reutilização**.

Mais recentemente, desde o início desta década, e talvez motivados pela vulgarização e ampla difusão de vários dos conceitos referidos, o foco das publicações mudou passando a integrar outro tipo de preocupações, tais como:

- Maior preocupação com o design, agora muito mais voltado para a fruição/aceitação da população geral e procurando transformar as soluções de biorretenção convencionais em espaços mais multifuncionais e esteticamente apelativos (Figura 18) [85, 86,94,95].
- Avaliação da eficiência de cada tipo de solução ou combinações de soluções baseadas no custo económico (construção, adaptação, manutenção), a capacidade de infiltração/retenção, o número de ocorrências na altura das chuvas, ou na perceção visual da população [87-89].
- Adoção de abordagens de paisagem, a escalas maiores, mais sistémicas e com metodologias mais sólidas [91, 92].
- Otimização da alocação espacial das soluções, através de fórmulas/software/metodologias complexas a nível do planeamento urbano [91, 92].
- Aplicação de análises ou avaliações de ciclo de vida, ou seja, análises mais aprofundadas aos impactes dos materiais utilizados e análise de inputs-outputs, para perceber se estas soluções são, de facto, verdes e ambientalmente mais sustentáveis [43, 93].



Figura 18 - Exemplo de gestão da água à escala da paisagem "a realidade dita que o projeto deve respeitar o rio, proporcionar belas vistas e ambientes naturais, reconverter terras agrícolas em galeria ripícola, tratar e reforçar taludes com plantas nativas adaptáveis e criar espaço para pesca, passeios de barco e outras atividades comerciais e recreativas". Fonte: [96]

De um modo geral, as publicações mais recentes regem-se por uma perspetiva mais holística no que diz respeito à gestão da água, apoiando-se num conjunto de **objetivos chave** [97]:

- **Captação e armazenamento:** captar, armazenar, reutilizar e infiltrar a água da chuva, redesenhando a infraestrutura urbana por forma a criar redes urbanas de armazenamento e drenagem de água.
- **Design urbano inovador:** adotar e desenvolver novas soluções de design urbano, por forma a modernizar os EVUs e os antigos sistemas subterrâneos, repensando toda a infraestrutura para a tornar mais resiliente.
- **Abordagem sustentável:** preferir soluções de engenharia suave (soft approaches), adotar boas práticas de gestão, procurar soluções que imitem a natureza e integrar o ciclo hidrológico urbano com múltiplos usos e funções urbanas para torná-lo mais sustentável.
- **Renaturalização:** renaturalizar corpos de água e conectá-los com as áreas construídas, por exemplo através da sua integração em parques, de forma a valorizar a paisagem.
- **Edifícios verdes:** instalações hidráulicas que economizam água e telhados verdes em edifícios de maior dimensão, bem como o desenvolvimento de certificações que enaltecem o uso sustentável da água, como o LEED ou o BREAM.
- **Gestão descentralizada:** descentralizar a conservação, gestão e tratamento de água para minimizar ou eliminar a transferência de longa distância, permitir a recuperação de água perto do uso e recuperar energia. O uso de água potável tratada de fontes distantes deve ser limitado apenas ao consumo humano.
- **Prevenção de catástrofes:** considerar projetos que reduzam os riscos de falhas e catástrofes devido aos efeitos de eventos extremos e que sejam adaptáveis a futuras alterações de temperatura, mudanças climáticas e nível do mar.
- **Mobilidade verde:** boas práticas de gestão para reduzir a poluição da água pelo trânsito, por exemplo, ênfase no uso de combustível menos poluentes, renovação urbana para diminuir as deslocações dentro da cidade, bom transporte público e ciclovias.
- **Eficiência energética:** produção de biogás a partir de resíduos orgânicos e reutilização do calor das águas residuais, uso de energia geotérmica, solar e eólica de forma a caminhar para a neutralidade de carbono.

A revisão bibliográfica revelou ainda que estes objetivos são trabalhados a diferentes escalas:

- **Grande escala** - escala da bacia hidrográfica ou do município. Nesta escala planeia-se a rede de captação e armazenamento, fazendo uma gestão descentralizada e adotando abordagens sustentáveis para o consumo, distribuição e qualidade da água.
- **Pequena escala** - escala local, onde se desenvolvem os projetos de design urbano inovador em EVUs, repensando a rega em 5 eixos essenciais: solo, vegetação, projeto, sistema de rega e manutenção.

SECÇÃO III

Diagnóstico da Gestão da Água em Espaços Verdes Urbanos na Área Metropolitana do Porto

1 Enquadramento geral da Área Metropolitana do Porto

1.1. Localização e Demografia

Localizada no Litoral Norte de Portugal, a Área Metropolitana do Porto (AMP), corresponde a uma sub-região estatística de nível NUT 3. Compreende uma zona geográfica composta por 17 municípios contíguos, 173 freguesias e 27 cidades, numa área aproximada de 2.040 km^2 [98].

Os municípios integrantes da AMP são:

- **Arouca** | área 329 km² | habitantes 21.146 | freguesias 16
- **Espinho** | área 21 km² | habitantes 31.043 | freguesias 4
- **Gondomar** | área 132 km² | habitantes 164.257 | freguesias 7
- **Maia** | área 83 km² | habitantes 134.977 | freguesias 10
- **Matosinhos** | área 62 km² | habitantes 172.557 | freguesias 4
- **Oliveira de Azeméis** | área 161 km² | habitantes 66.175 | freguesias 12
- **Paredes** | área 157 km² | habitantes 84.354 | freguesias 18
- **Porto** | área 157 km² | habitantes 231.962 | freguesias 7
- **Póvoa de Varzim** | área 82 km² | habitantes 64.320 | freguesias 7
- **Santa Maria da Feira** | área 214 km² | habitantes 136.720 | freguesias 21
- **Santo Tirso** | área 137 km² | habitantes 67.785 | freguesias 14
- **São João da Madeira** | área 8 km² | habitantes 22.144 | freguesias 1
- **Trofa** | área 72 km² | habitantes 67.785 | freguesias 14
- **Vale de Cambra** | área 147 km² | habitantes 21.279 | freguesias 7
- **Valongo** | área 75 km² | habitantes 94.795 | freguesias 4
- **Vila do Conde** | área 149 km² | habitantes 80.921 | freguesias 21
- **Vila Nova de Gaia** | área 169 km² | habitantes 304.149 | freguesias 15



Figura 19 - Localização da AMP em Portugal Continental e Municípios integrantes.

A AMP é a zona mais industrializada da Região Norte, sendo que no seu litoral se encontram grande parte dos mais importantes grupos económicos do país [99]. A cidade do Porto é a cidade administrativa e o principal núcleo urbano.

A população da AMP ronda 1.737.395 habitantes (dados de 2021) [100], resultando numa densidade populacional de 852 habitantes por km², tornando-a a segunda sub-região mais populosa e densamente habitada de Portugal, a seguir à Área Metropolitana de Lisboa (2.870.770 habitantes e uma densidade populacional de 957 habitantes por km^2) [100]. Os municípios mais populosos são Vila Nova de Gaia (cerca de 300 mil habitantes), Porto (cerca de 230 mil habitantes), Matosinh os (cerca de 170 mil habitantes), e Gondomar (cerca de 160 mil habitantes). Quanto à densidade populacional, destaca-se o Porto como o município mais denso de toda a Área Metropolitana com 5.600 habitantes por km^2 [100].

1.2. Uso de solo

Os municípios da AMP são muito heterogéneos, apresentando dimensões, densidade populacional, usos do solo e carácter da paisagem muito díspares. Alguns municípios têm um carácter mais urbano, como por exemplo o Porto e São João da Madeira, com 82% e 58% de território artificializado, respetivamente. Enquanto outros têm um carácter mais rural, com predominância de área florestal, como Vale de Cambra e Arouca (65% e 64%, respetivamente), ou área agrícola, como Póvoa de Varzim e Vila do Conde (51% e 47%, respetivamente).

Na Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de 2018, os Espaços Verdes Urbanos incluem-se em várias subclasses de uso do solo correspondentes à Classe 1 - Território Artificializado. Uma dessa subclasses é denominada Parques e Jardins, que é descrita como áreas verdes inclusas ou adjacentes ao tecido edificado, de uso predominantemente público e com funções de recreio e de enquadramento da estrutura edificada [101]. Nesta subclasse incluem-se parques, zonas verdes de áreas residenciais, jardins botânicos e zoológicos.

Contudo, no âmbito deste trabalho e considerando o foco em espaços potencialmente regados, os Espaços Verdes Urbanos foram entendidos como todos os espaços verdes de acesso público com gestão municipal direta ou contratualizada, como por exemplo, Parques, Jardins, Praças arborizadas e ajardinadas, Ruas arborizadas e Espaços verdes associados a: equipamentos, eixos viários, urbanizações e/ou bairros municipais.

Uma definição breve de cada um destes tipos de EVUs encontra-se na "*Secção I – Introdução, Descrição de tipologias de EVUs*"

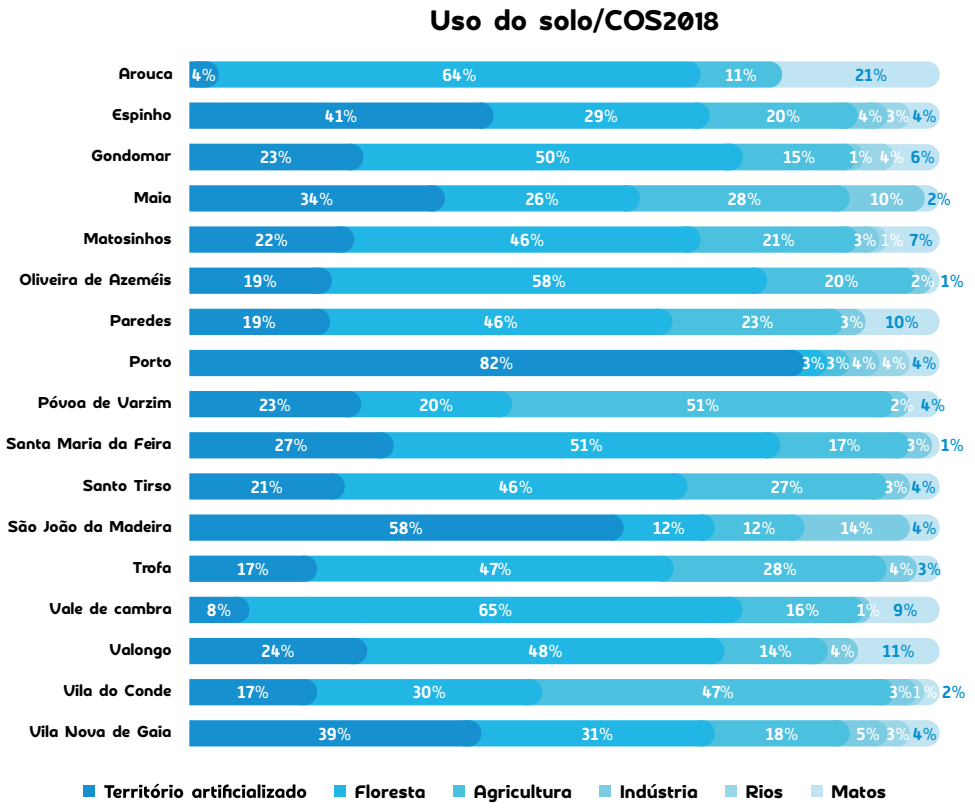


Figura 20 - Uso do solo nos municípios da AMP usando os dados da COS2018.



1.3. Enquadramento biofísico e climático

1.3.1. Hidrografia e lençóis freáticos

A AMP apresenta uma rede hidrográfica complexa. Os rios constituem importantes corredores ecológicos contribuindo igualmente para a circulação de bens, fornecimento e distribuição de água, e para a estruturação do território e do seu carácter identitário [98].

A AMP integra 3 bacias hidrográficas:

- Cávado, Ave e Leça
- Douro
- Vouga, Mondego e Lis

Entre os seus rios mais importantes e com uma manifesta função estruturante da paisagem encontram-se: Antuã, Arda, Ave, Caima, Douro, Febros, Inha, Leça, Paiva, Sousa, Ferreira, Tinto, Torto e Uíma.

De acordo com o Plano de Gestão de Região Hidrográfica para a Região Hidrográfica 3 - Douro [102], a disponibilidade hídrica subterrânea da região para um grau de variabilidade alto é de 1081,11 hm^3 /ano, e, para um grau de variabilidade baixo, é de 2,70 hm^3 /ano, perfazendo a disponibilidade hídrica subterrânea total de 1 083,81 hm^3 /ano. A disponibilidade hídrica subterrânea média considerada por unidade de área é de 0,06 hm^3 /km^2 ano.

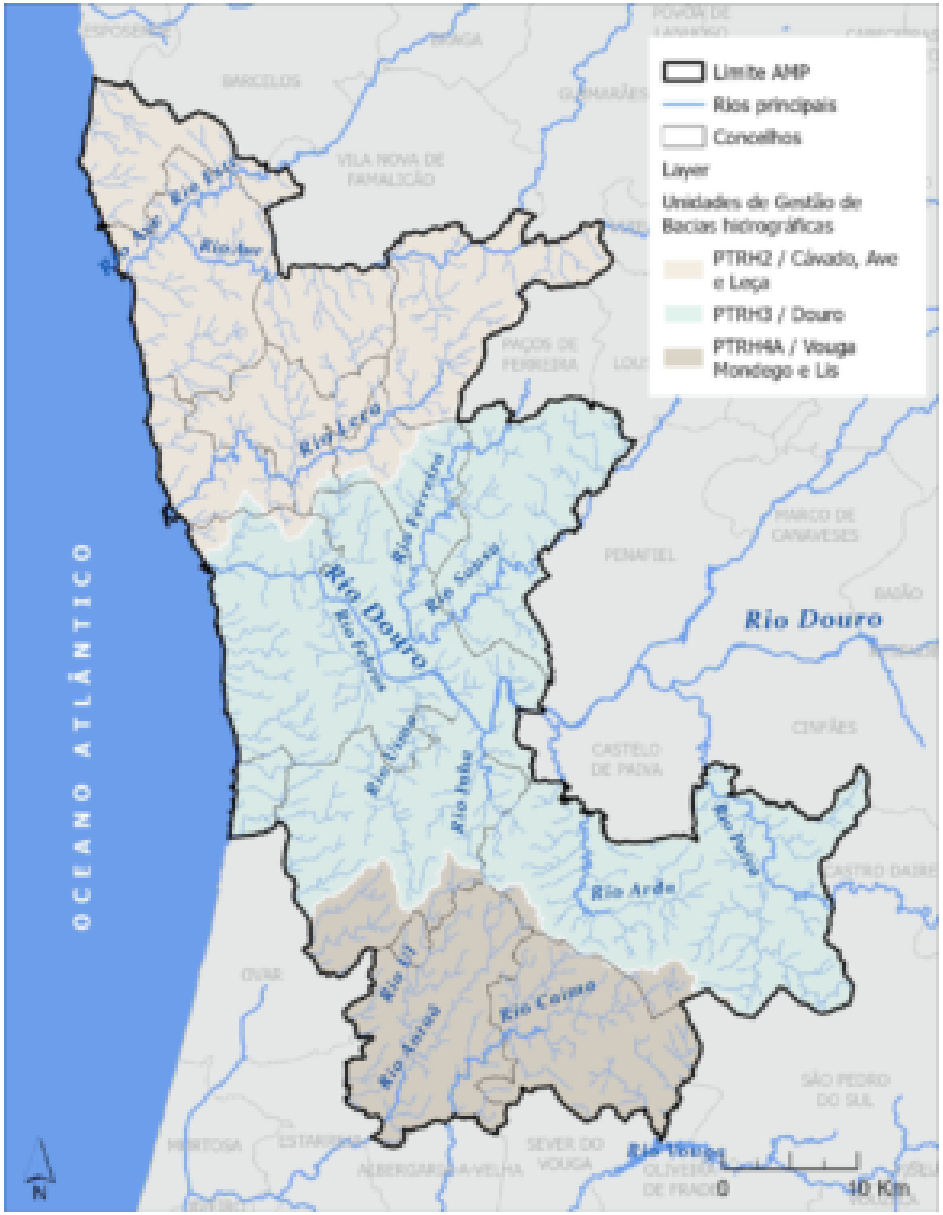


Figura 21 - Rede hidrográfica da AMP.

1.3.2. Clima atual

Segundo Andresen et al [192] o enquadramento biofísico, entre o Atlântico situado a oeste e o complexo montanhoso de Montemuro situado a este, confere ao clima da AMP uma influência atlântica que se traduz em temperaturas amenas (temperatura média anual entre 13,4 a 15 ºC) e chuvas geralmente, abundantes (precipitações médias anuais entre 1000 e 1200 mm), embora, em alguns anos, se verifique uma redução acentuada na precipitação nos meses de verão, em resultado da influência mediterrânica, que também se faz sentir na AMP. Com especial relevância no âmbito deste manual, é a classificação do clima da AMP (classificação racional de Thornthwaite), como *húmido a muito húmido, mesotérmico, com nula a moderada deficiência de água no Verão, grande excesso de água no Inverno* [192]. Contudo, o recente Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas de Monteiro et al [103] refere que *existem evidências consistentes de subida da temperatura e de ocorrência de um número maior de extremos de calor e de frio, de uma mudança na distribuição da precipitação sobretudo dos episódios extremos (precipitações extremas e seca), assim como de uma cada vez mais nítida desorganização estacional e de um aumento da frequência de episódios extremos de vento*.

O Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas define quatro mosaicos climáticos: os de fachada atlântica (atlântico e atlântico ameno), de transição e de altitude [103]. Da leitura da Figura 22 retira-se que grande parte dos municípios da AMP se inserem no mosaico Atlântico, sobretudo os localizados mais a norte e junto às costa. Os municípios de Oliveira de Azeméis, S. João da Madeira, Santa Maria da Feira e Valongo inserem-se parcialmente no mosaico Atlântico Ameno. No mosaico de Atlântico de Transição fresco estão inseridos os municípios de S. Tirso e Paredes. Arouca e Vale de Cambra apresentam parte do território inserida no mosaico Altitude.

Segundo Monteiro et al [103], o uso do solo neste território acrescenta ainda diferenciação de temperaturas, principalmente em áreas artificializadas onde se faz sentir uma anomalia térmica (até +5ºC) por causa das ilhas de calor.

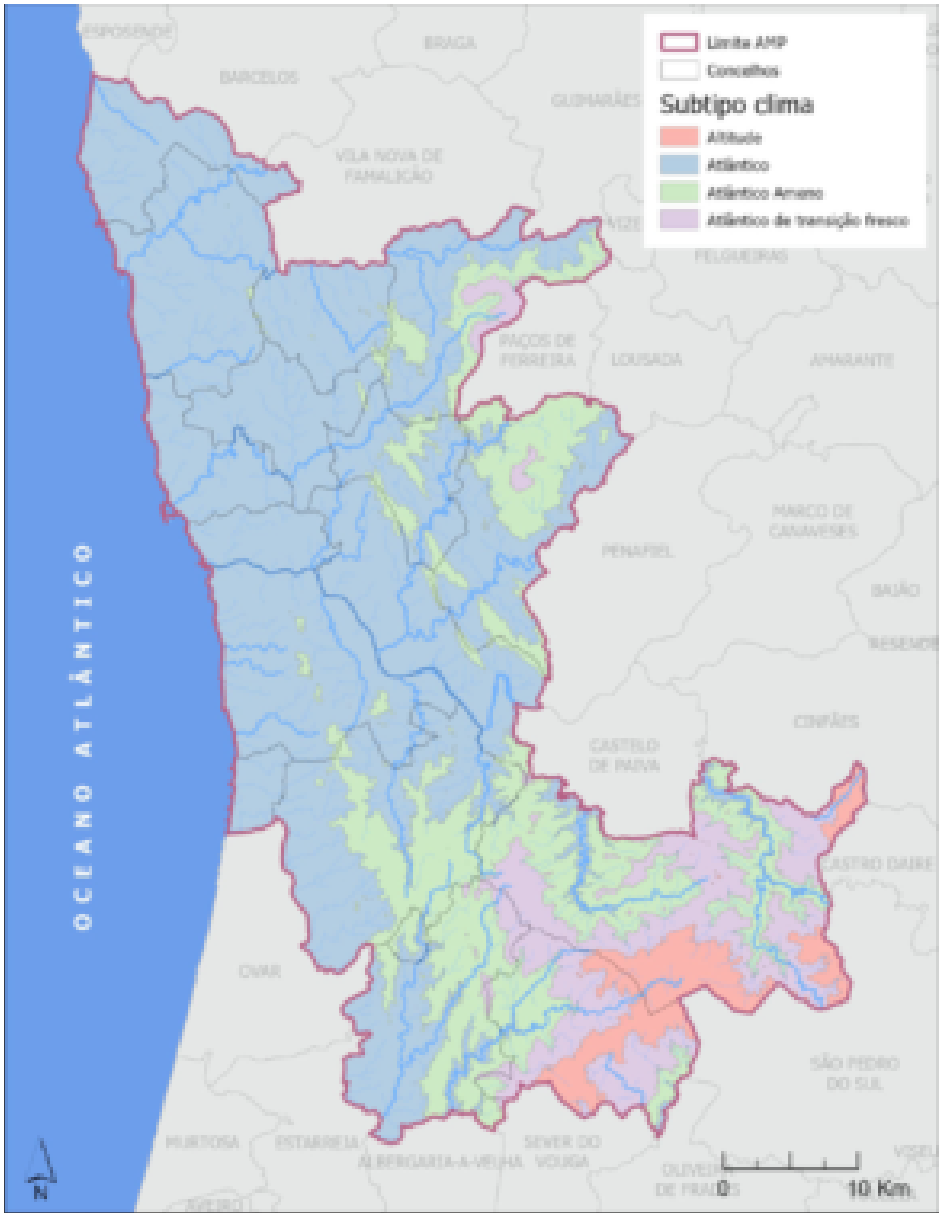


Figura 22 - Zonas climáticas da AMP. Fonte: Adaptado de [103].

1.3.3. Cenários de Alterações Climáticas e impacto na Disponibilidade Hídrica

Segundo Monteiro et al. [103], todos os modelos indicam *uma tendência de aumento da temperatura, um aumento da frequência de ocorrência de eventos extremos de frio e de calor*, e, com especial relevância no âmbito deste trabalho, *uma modificação da ocorrência de precipitação, tanto em quantidade, como na sua distribuição ao longo do ano para a AMP, no período 2017-2040, comparativamente com o período 1987-2016*. Também é preconizado um *aumento do desconforto bioclimático*, que, naturalmente, no contexto tão vasto da AMP impõe uma avaliação mais detalhada. Os diferentes eventos climáticos extremos terão maior probabilidade de se transformar em catástrofes nos concelhos mais intensamente urbanizados, reforçando a importância dos EVUs na adaptação das cidades a estes fenómenos, ajudando a minimizar os impactos na saúde e bem-estar das populações [103].

Importará igualmente mencionar o estudo da APA de "Avaliação das disponibilidades hídricas atuais e futuras e aplicação do Índice de Escassez WEI+" [104], que serviu de suporte ao 3º ciclo dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (2022-2027). Com base neste estudo [104] foi possível retirar algumas conclusões relevantes para futuro, nomeadamente, ao nível das disponibilidades hídricas:

- As disponibilidades hídricas têm vindo a reduzir nas últimas décadas, prevendo-se que, mesmo na região Norte, se atinja mais de 20 % de redução em relação ao século XX.
- Nas bacias hidrográficas internacionais, os caudais de Espanha poderão ter uma expressão ainda mais significativa, face à maior redução de disponibilidades expectável no lado português.
- As situações de seca tenderão a agravar-se, uma vez que é expectável um aumento do número de dias com ausência de precipitação.

Por outro lado, a quantificação do índice de Escassez WEI+ (Water Exploitation Index Plus), por bacia hidrográfica, permite retirar, também conclusões no balanço entre disponibilidade e utilização de água [105]:

- Apenas quatro bacias hidrográficas (Minho, Lima, Douro e Mondego) possuem níveis de escassez baixa ou moderada (WEI+ ≤ 30 %).
- Cinco bacias hidrográficas (Ave, Leça, Ribeiras do Oeste, Sado, Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve) possuem níveis de escassez severa ou extrema (WEI+ > 50 %).

2 Diagnóstico da gestão da água em Espaços Verdes Urbanos na AMP

Um dos objetivos deste trabalho é efetuar um diagnóstico da gestão da Água em Espaços Verdes Urbanos na AMP, no sentido de perceber o nível de conhecimento, interesse e preparação dos municípios para adoção de medidas que visem reduzir o consumo de água na rega de EVUs, identificar que soluções estão já implementadas e em que aspetos é possível melhorar (ver Secção II - Gestão da água à escala Municipal).

Considerando o tempo disponível para a realização deste diagnóstico optou-se pela construção de um questionário preenchido online por todos os municípios da AMP.

2.1. Construção do Questionário

Um dos resultados relevantes obtidos na secção anterior (Secção II – Panorama Científico, na qual se efetuou uma caracterização do Estado da Arte) foi a identificação da importância desta temática ser analisada a partir de duas escalas de abordagem distintas: a pequena escala que corresponde à escala do EVU, e a grande escala que inclui o município e respetivas bacias hidrográficas.

Destas abordagens resultou um questionário organizados em três Secções: Secção I - Gestão da água à escala do Espaço Verde Urbano; Secção II - Gestão da água à escala Municipal; Secção III – Recolha de Dados Municipais. A elaboração das questões foi orientada pelos objetivos delineados para cada secção.

Objetivos da Secção I - Gestão da água à escala do Espaço Verde Urbano:

1. caracterizar os EVUs do município quanto à área ocupada, área regada, tipo de rega e responsabilidade da manutenção (municipal ou contratada externamente);
2. perceber de que forma são tratados os seguintes tópicos: vegetação, solo, manutenção e rega, quer quando o município é responsável pelo projeto, construção e manutenção dos EVUs, quer quando contratam empresas para estas tarefas.
3. identificar o grau de inovação nos sistemas de rega instalados e o grau de interesse e disponibilidade do município para adotar novas soluções.

Objetivos da Secção II - Gestão da água à escala Municipal:

1. o grau de implementação de medidas para uma gestão sustentável da água;
2. o grau de conhecimento relativamente ao consumo e distribuição da água;
3. o grau de preparação no que respeita a informação de base para uma gestão sustentável da água;
4. o grau de preocupação com a gestão sustentável da água.

Objetivos da Secção III – Recolha de Dados Municipais:

1. identificar o município e o(s) técnico(s) que responderam ao questionário;
2. perceber, no organograma do município a quem pertence a responsabilidade da conceção, gestão e manutenção dos EVUs e do planeamento urbano;
3. conhecer a disponibilidade financeira do município para a implementação das medidas que serão recomendadas no manual.

O questionário foi validado através do preenchimento por 3 municípios (Arouca, Porto e Santo Tirso) de 31 de janeiro a 3 de fevereiro de 2023, e depois de revisto foi distribuído para preenchiment. Os interlocutores em cada município foram identificados pela AMP e o questionário esteve disponível para preenchimento de 15 de fevereiro a 15 de março do mesmo ano.

Sempre que se entendeu necessário foram disponibilizadas informações adicionais por forma a facilitar a produção de resposta. Por exemplo, foram disponibilizadas definições de cada tipo de espaço verde público de modo a garantir um entendimento comum sobre o assunto.

Antecipou-se que a organização do questionário em duas escalas de análise e o tipo de perguntas formuladas poderia, dependendo do município, obrigar ao seu preenchimento por mais do que um técnico respondente, tendo esta circunstância sido devidamente sinalizada. Apesar destes cuidados, identificaram-se, muito pontualmente, inconsistências em algumas respostas que foram, na sua maioria, esclarecidas pelos municípios.

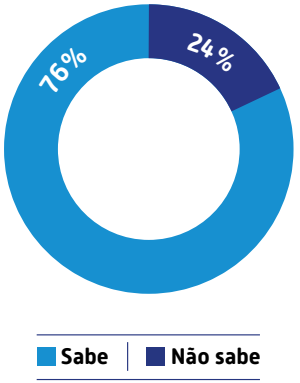
Os resultados apresentados devem ainda ser interpretados à luz da complexidade e diversidade de contextos dos municípios já anteriormente referida, nomeadamente quanto à dimensão, densidade populacional, recursos disponíveis, tipo de estrutura verde urbana e carácter territorial.

2.2. Resultados do Questionário

Secção I - Gestão da água à escala do Espaço Verde Urbano

A tipificação e mapeamento da estrutura verde urbana é uma informação de base essencial para os municípios. A estrutura verde urbana corresponde ao conjunto de espaços verdes urbanos englobando, por exemplo, matas urbanas, parques e jardins de acesso público, praças de acesso público, ruas arborizadas, espaços verdes associados a eixos de circulação viárias como rotundas, entre outros. Estes espaços verdes podem ter um acesso e uso público direto ou indireto o que determina diferentes exigências e consumos de água para rega. Assim, considerou-se fundamental perceber o nível de conhecimento dos municípios em relação à tipificação da sua estrutura verde urbana devidamente tipificada, ou seja, sabem quais são os tipos de espaços verdes presentes na estrutura verde urbana municipal.

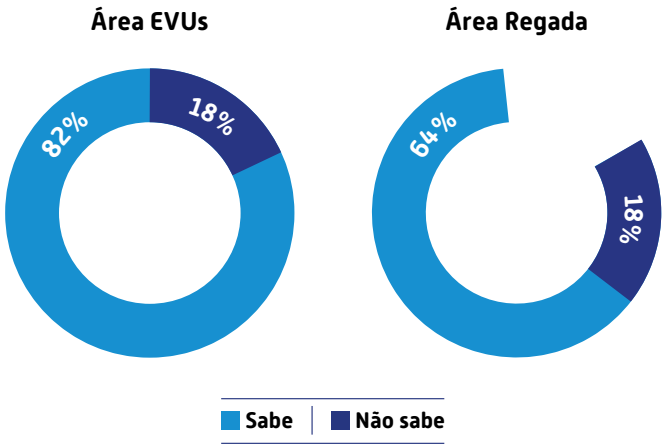
Sabe quais são os tipos de EVUs presentes na estrutura verde urbana municipal?



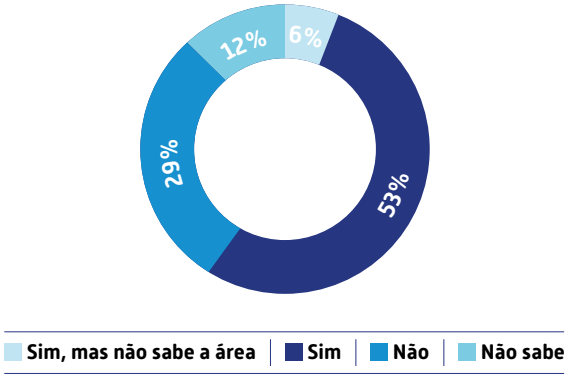
De seguida procurou-se caracterizar os EVUs dos municípios quanto à área ocupada, área regada, tipo de rega e responsabilidade da manutenção, ou seja, se a manutenção é contratada externamente ou se é feita pelo próprio município.

Dos 17 municípios da AMP, apenas três não sabem qual a área total de EVUs (em ha) e seis não sabem quanta dessa área é regada. Este conhecimento é fundamental na medida em que sem saber a área ocupada por espaços verdes e a área destes espaços que é regada, não é possível fazer um planeamento adequado dos recursos hídricos. Nestes casos torna-se impossível contabilizar a água que é utilizada na rega e perceber o grau de eficiência.

Sabe a área de Espaços Verdes Urbanos e de área regada no município?



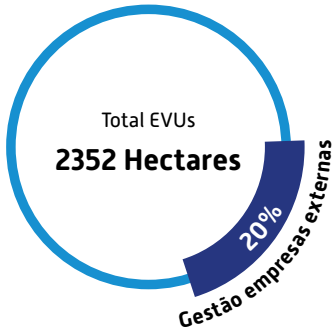
O município tem EVUs cuja manutenção está adjudicada a empresas externas?



Dez dos 17 municípios da AMP contratam empresas externas para a manutenção dos EVUs, o que corresponde a 59% do total. Apenas cinco municípios são responsáveis pela manutenção de todos os seus EVUs, assumindo uma responsabilidade exclusiva na gestão da água para rega. Dois municípios não souberam responder se contratam ou não empresas externas para a manutenção dos seus espaços.

Os municípios que têm gestão e manutenção de EVUs contratada externamente indicaram que, em média, metade da área de EVUs é gerida por estas empresas. Contudo, existe uma grande variação entre municípios, havendo municípios que entregam à gestão externa apenas 12% da área total dos seus EVUs e outros que entregam quase a totalidade da área de EVUs (98%).

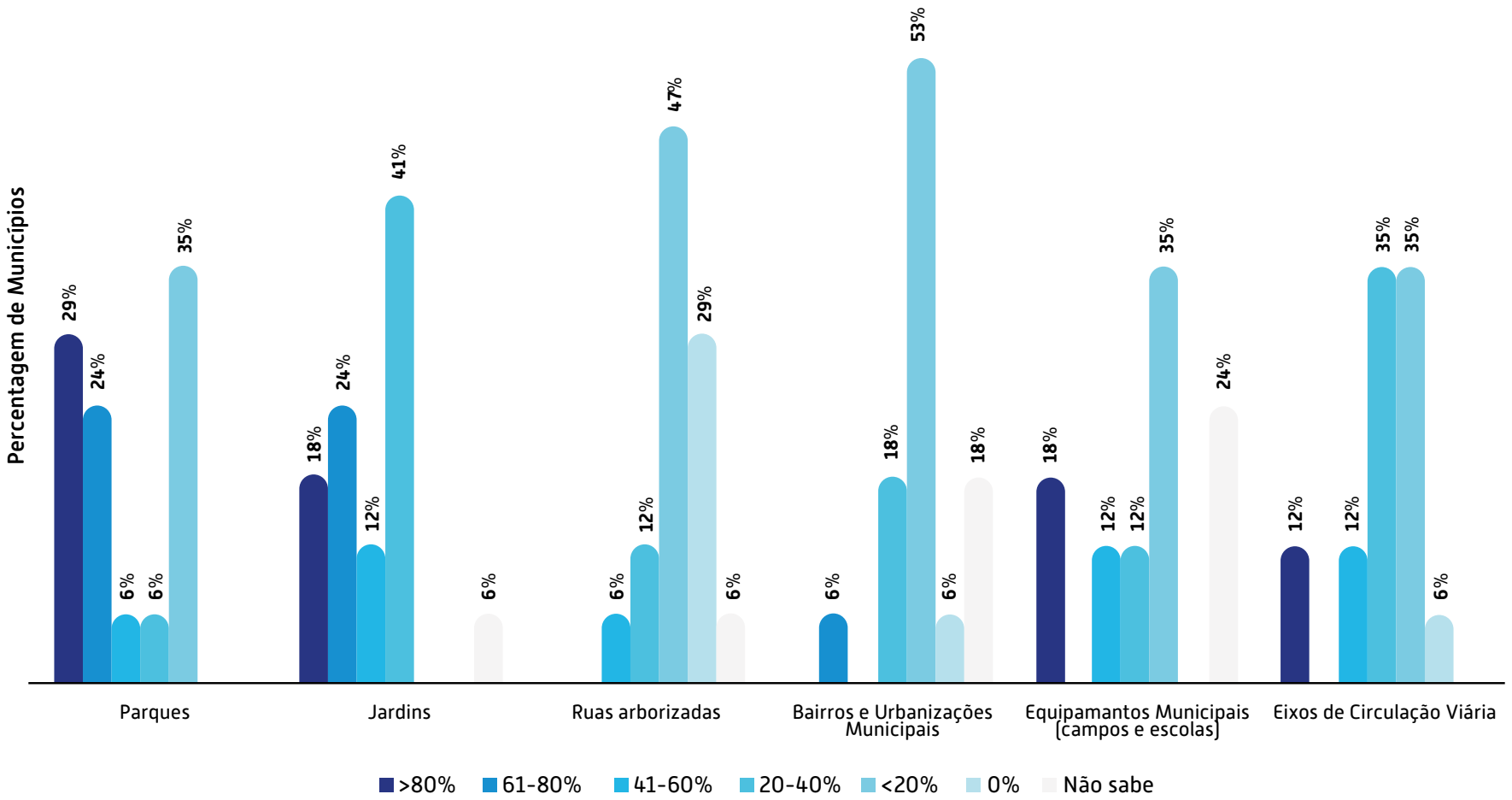
Qual a área de EVUs cuja manutenção está adjudicada a empresas externas?



Considerando os valores fornecidos pelos municípios que sabem qual a área de EVUs do município, chegou-se a um valor de 2.352 ha, mas é importante referir que para este cálculo não contribuem os três municípios que desconhecem a área de EVUs. 20% desta área é gerida por empresas externas.

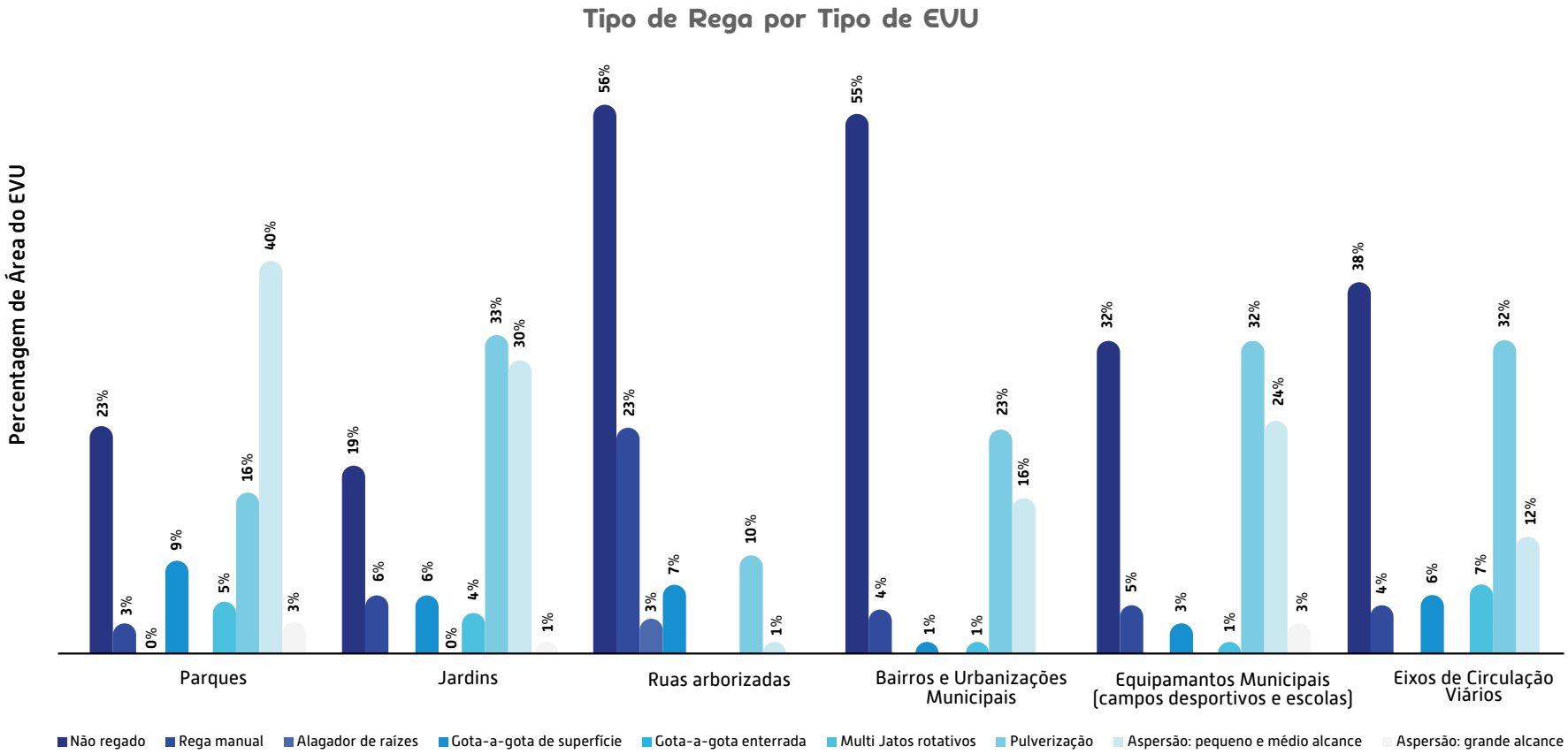
Um resultado muito relevante é que todos os municípios que têm espaços verdes geridos por empresas externas mantêm ao seu encargo a despesa com a água para a rega. Este dado é preocupante, uma vez que as empresas contratadas não são responsabilizadas pelo consumo de água. Quando o pagamento da água fica ao encargo das empresas, há uma motivação económica para a poupança de água.

Percentagem de Área regada por Tipo de Espaço Verde Público



Nesta questão, os municípios deveriam indicar uma estimativa, em percentagem, da área regada em cada tipo de espaço verde. O objetivo era perceber que tipo de espaço tem uma maior percentagem de área regada. Os resultados indicam **que os parques e jardins são os tipos de espaços verdes que têm as maiores percentagens de área regada**. Por outro lado, as ruas arborizadas são o tipo de espaço menos regado, e há cinco municípios que não regam as árvores das ruas. Todos os municípios regam os parques, mas cinco municípios regam mais de 80% da área dos parques e seis municípios regam menos de 20% da área dos parques; ou seja, alguns municípios regam quase a totalidade da área do parque, outros regam uma área muito reduzida do parque.

Alguns municípios desconhecem a percentagem de área regada por tipo de espaço verde, nomeadamente nos jardins (um município), nos bairros e urbanizações (três municípios) e nos espaços verdes associados a equipamentos municipais (quatro municípios). Apenas relativamente aos parques e aos eixos de circulação viária, é que todos os municípios sabem qual é a área regada.



Pediu-se aos municípios para indicarem a percentagem aproximada de utilização de cada tipo de rega listado, em cada tipo de EVU. Os resultados demonstram que **é ainda bastante frequente os EVUs não terem sistemas de rega instalados**. Os tipos de espaços que são menos regados são as ruas arborizadas, os bairros e urbanizações municipais, com 56% e 55% respetivamente, e em consonância com os resultados da questão anterior. **O sistema de rega mais utilizado é pulverização**, seguido de aspersão de pequeno e médio alcance. A pulverização é sobretudo utilizada em jardins, equipamentos municipais e eixos de circulação viária, enquanto a aspersão de pequeno e médio alcance é sobretudo utilizada em parques e jardins. A rega localizada (gota-a-gota de superfície e enterrada e alagador de raízes) e aspersão de grande alcance têm uma percentagem residual de utilização

nos EVUs. **Os multi jatos rotativos** também **ainda são pouco utilizados** e surgem apenas em parques, jardins e eixos viários. A rega manual, que é o tipo de rega menos eficiente, apesar de ser pouco utilizada, ainda está presente em todos os tipos de EVUs.

De seguida, procurou-se perceber de que forma os municípios gerem questões relacionadas com a vegetação, solo, manutenção e rega, nos EVUs, quer quando o município assume a responsabilidade pelo projeto, construção e manutenção destes espaços, quer quando contratam empresas para estas tarefas. As questões formuladas e os resultados obtidos encontram-se sintetizados nos gráficos seguintes:

Em relação à Vegetação, o município:

Tem em atenção as necessidades hídricas das plantas quando seleciona a vegetação?



Agrupa plantas com necessidades hídricas similares (hidrozonas), pensando na otimização da rega?



Procura substituir relvados/prados, sem possibilidade de recreio ativo, por maciços arbustivos e subarbustivos?



Dá preferência a vegetação autóctone, quando adequado ao carácter do espaço verde urbano?





Em relação à Vegetação, os municípios estão particularmente atentos às necessidades hídricas das plantas e à importância de utilização de espécies autóctones. Contudo, **a substituição de relvados e prados regados por outro tipo de revestimentos, quando adequado, ainda não é uma prática comum**. Esta é uma medida em que vários municípios têm margem para melhorar uma vez que os relvados e prados regados são os revestimentos herbáceos com maior consumo de água e a sua substituição por outro tipo de revestimento, quando adequado, pode resultar numa poupança de água muito significativa.

Em relação ao Solo, o município:

Toma o devido cuidado para evitar a degradação e compactação do solo durante a construção de novos espaços verdes urbanos?



Toma o devido cuidado para evitar a degradação e compactação do solo durante a construção de novos espaços verdes urbanos?



Corrige e melhora o solo adequando-o à vegetação que vai ser instalada?



Tem atenção ao ciclo da matéria orgânica, procurando incorporar no solo os resíduos orgânicos compostados no local onde são produzidos?





A maior parte dos municípios (12) diz tomar o devido cuidado para evitar a degradação e compactação do solo durante a construção de EVUs, no entanto 12 municípios admitem não fazer análises físicas, químicas e/ou biológicas ao solo. Estas análises são essenciais para a correção dos solos e para um bom desenvolvimento da vegetação. É também importante mencionar que **um quarto dos municípios admite não corrigir e melhorar o solo aquando da instalação de vegetação** e

dez municípios não têm plena atenção ao ciclo da matéria orgânica.

Em relação à Manutenção, o município:

Garante que a rega acompanha o desenvolvimento da vegetação, cessando após a adaptação definitiva ao local?



Reduz a frequência de corte das áreas de relvado/pratos, em altura de escassez hídrica, de modo a diminuir as necessidades de água das plantas?



Evita podas drásticas em árvores e arbustos para reduzir o consumo de água?



Aplica coberturas orgânicas tipo mulching para proteção do solo, quando adequado?



Promove formação dos encarregados e técnicos municipais sobre a gestão sustentável da água nos espaços verdes urbanos?





A maior parte dos municípios diz adotar práticas de manutenção adequadas à gestão sustentável da água em EVUs, mas reconhecem que **não promovem ou promovem pouco a formação de encarregados e técnicos municipais sobre esta temática**. As medidas de manutenção mais adotadas são evitar podas drásticas e aplicar *mulching* para proteção do solo.

Em relação à Rega, o município:

Adapta o sistema de rega ao tipo de revestimento vegetal (por exemplo, rega localizada para zonas arbustivas e subarbustivas)?



Verifica periodicamente a integridade dos sistemas de rega, por exemplo, anualmente antes da temporada de rega?



Repara em tempo útil os sistemas de rega danificados?



Mantém todos os sistemas de rega instalados em pleno funcionamento?



Ajusta o tempo e frequência de rega às características (p.e. tipo de solo, vegetação e topografia) e capacidade de carga do espaço verde?



Reduz o tempo e frequência de funcionamento do sistema de rega, em alturas de escassez de água?



Recorre a uma rega inteligente ou eficiente, p.e. sistema com conexão a sensores de temperatura e humidade ou dados de estações meteorológicas?

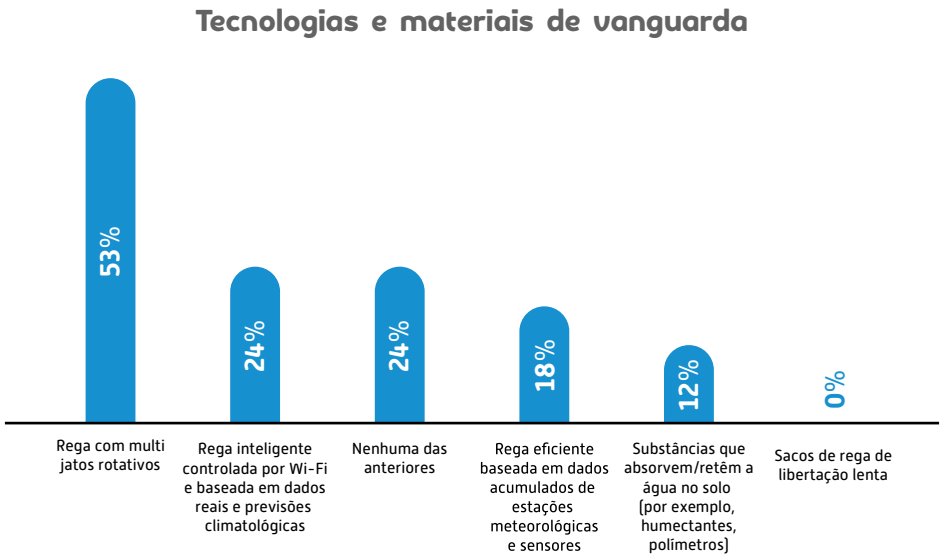




De uma forma geral, **os municípios dizem adotar práticas adequadas na gestão da água para rega**, com a quase totalidade dos municípios (16) a afirmar que "reduz o tempo e frequência de funcionamento do sistema de rega, em alturas de escassez de água". A rega inteligente ou eficiente é assumidamente utilizada apenas por dois municípios, embora cinco municípios indiquem utilizar parcialmente este tipo de sistema de rega. Na base deste resultado pode estar o elevado custo associado à gestão destes sistemas, por exemplo nas licenças do software, recursos humanos especializados, e disponibilidade de sensores e estações meteorológicas, tal como demostrado nas respostas posteriores (Ver "razões que podem dificultar a implantação de tecnologias e materiais de vanguarda").

Outro resultado relevante refere-se à reparação e manutenção em pleno funcionamento dos sistemas de rega instalados, com 1/3 dos municípios a reconhecer que o fazem apenas parcialmente. Esta boa prática deveria ser considerada prioritária de modo a evitar o desperdício de água por fugas em sistemas de rega danificados.

Procurou-se também identificar o grau de inovação nos sistemas de rega instalados e o grau de interesse e disponibilidade dos municípios para adotar novas soluções.



Da lista de tecnologias e materiais de vanguarda disponibilizados, os multi jatos rotativos são os mais utilizados (nove municípios afirmam usar essa tecnologia), apesar de, tal como identificado em resultados anteriores, a sua utilização ainda ser pouco expressiva, comparativamente com sistema de rega tradicionais.

Quatro municípios referem não usar nenhum tipo de tecnologia ou material inovador para a rega dos EVUs e nenhum município indicou alternativas a lista disponibilizada. Da mesma forma, nenhum município selecionou saco de rega de liberação lenta, apesar de ser um material bem difundido e de fácil aquisição no mercado. Por outro lado, dois municípios usam materiais bastante inovadores, tal como substâncias que absorvem e retêm a água no solo.

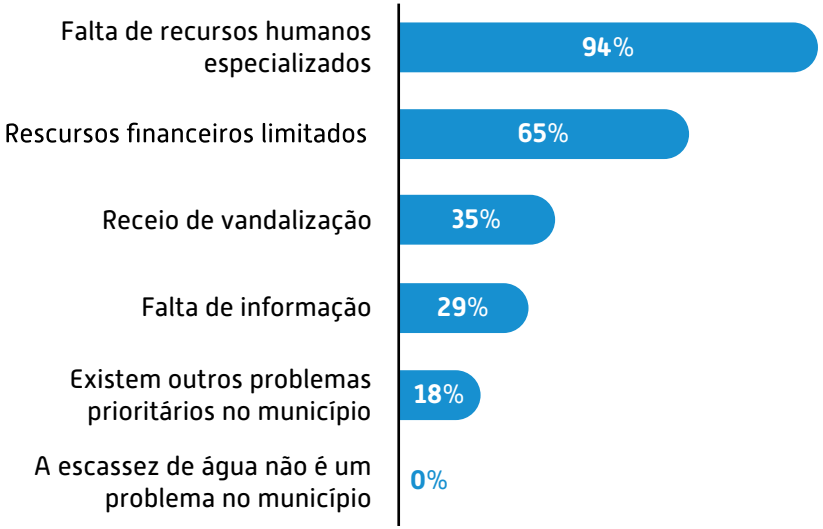
Todos os municípios responderam positivamente quando questionados sobre o interesse em implementar novas tecnologias e materiais para um uso mais sustentável da água para rega. Apenas um município respondeu um cauteloso "talvez" e podemos especular que esta resposta possa estar relacionada com as dificuldades que ainda se sentem na sua implementação. Estas dificuldades foram identificadas pelos municípios na questão seguinte como estando essencialmente

relacionadas com a falta de recursos humanos especializados e com recursos financeiros limitados.

Há interesse em implementar tecnologias e materiais de vanguarda para um uso sustentável da água na rega?

94%	6%
Sim	Talvez

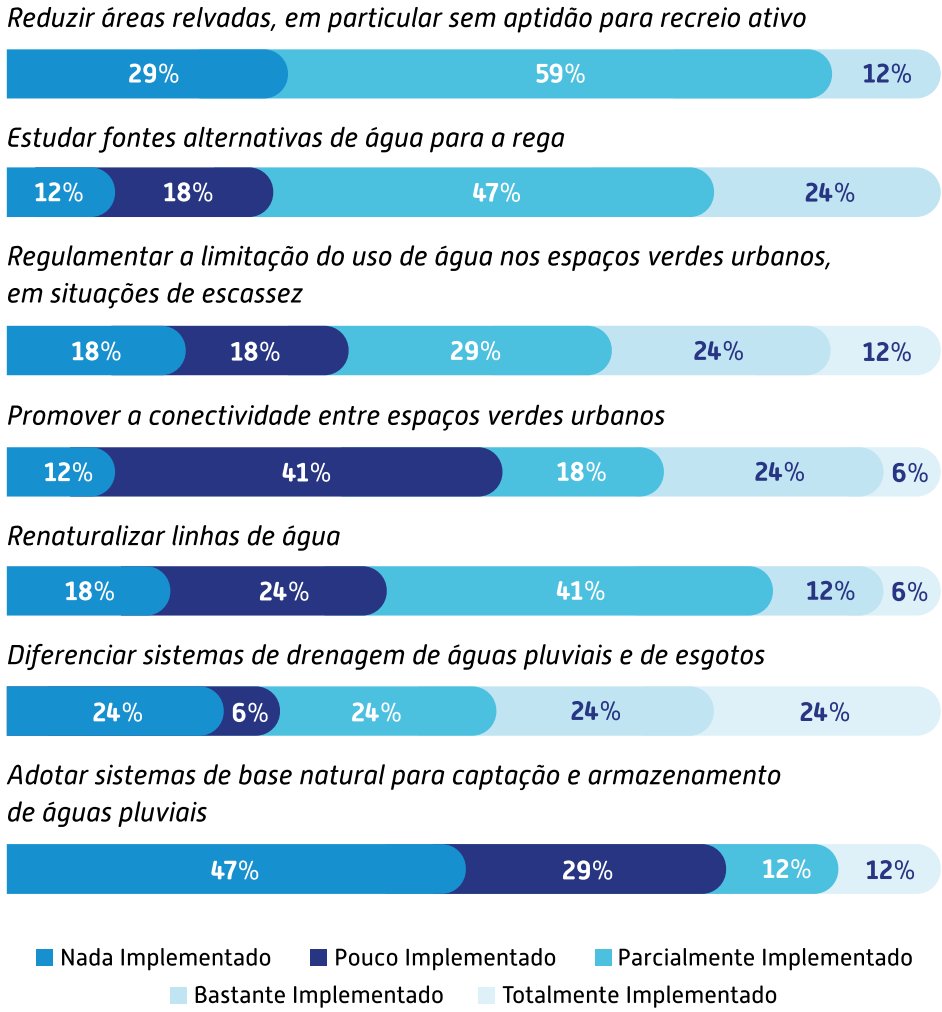
Razões que podem dificultar a implementação de tecnologias e materiais de vanguarda



Secção II - Gestão da água à escala Municipal

Nesta secção pretendia-se saber o grau de implementação de medidas para uma gestão sustentável da água à escala municipal.

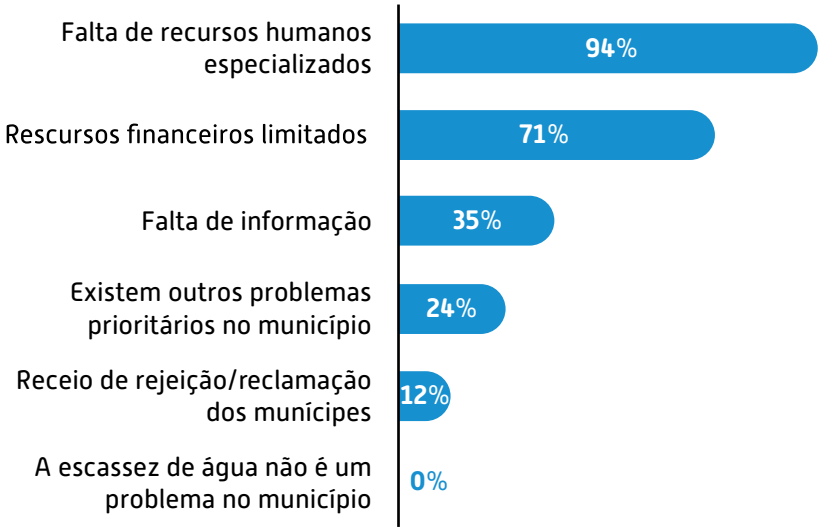
Grau de implementação das seguintes medidas



Os resultados revelaram que **uma das medidas menos implementadas é a adoção de sistemas de base natural para a captação e armazenamento de águas pluviais**. A captação e armazenamento de águas pluviais é uma medida de carácter preventivo no combate à escassez de água durante a época estival, amplamente utilizada noutros países [82] e a sua adoção na Área Metropolitana do Porto deveria ser estimulada.

A diferenciação entre sistemas de drenagem de águas pluviais e de esgotos, obteve uma resposta polarizada, quatro municípios dizem que não tem diferenciação, enquanto outros quatro têm essa medida totalmente implementada. Isso permite que as águas pluviais possam ser coletadas e armazenadas para usos posteriores. Outra medida pouco implementada é a renaturalização das linhas de água, reconhecendo-se que esta medida pode ser de difícil implementação em territórios muito urbanizados. De um modo geral, predominam as respostas do tipo Nada, Pouco ou Parcialmente Implementado para as várias medidas apresentadas.

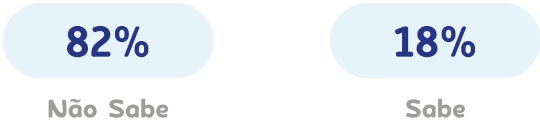
Razões para a não implementação das medidas referidas na questão anterior



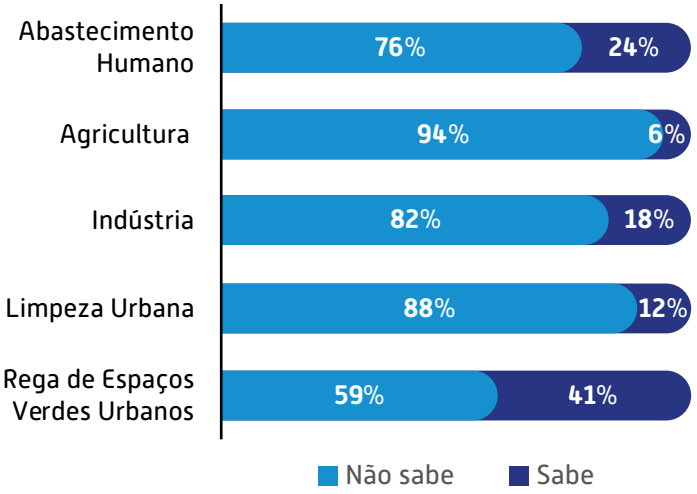
Mais uma vez, **as razões indicadas para a não implementação de medidas para uma gestão sustentável da água à escala municipal relacionam-se com a falta de recursos humanos especializados e com recursos financeiros limitados**.

Considerou-se também pertinente avaliar o grau de conhecimento dos municípios relativamente ao consumo e distribuição da água.

Sabe o volume total de água disponível?



Sabe o consumo médio anual de água?

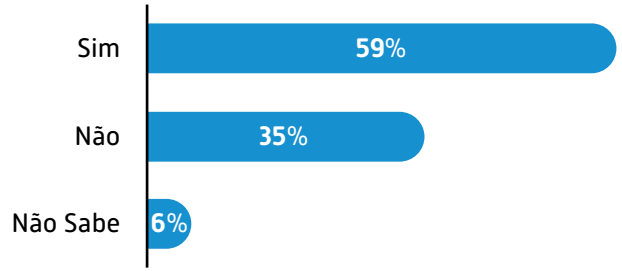


Apenas três municípios indicaram ter conhecimento sobre o volume total de água disponível para o seu município, um resultado preocupante na medida em que este conhecimento é fundamental para perceber se o consumo é superior à disponibilidade e, nesse contexto, fazer

uma gestão eficiente da água.

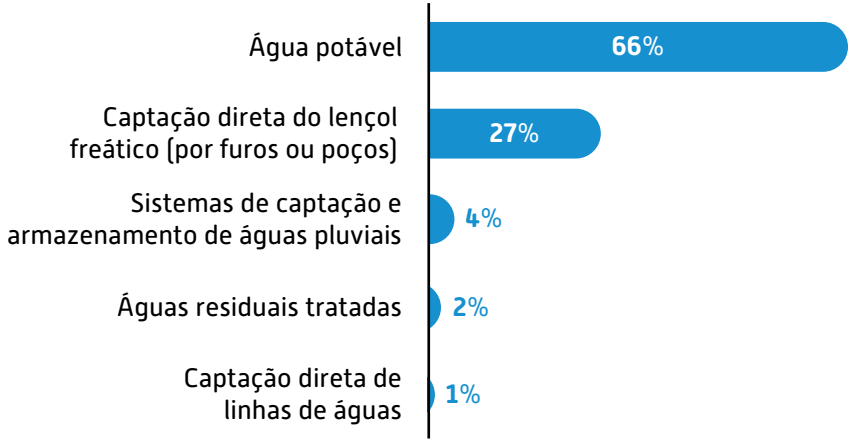
Apesar de um grande número de municípios ainda desconhecer o consumo médio anual de água pelos diferentes tipos de usos, é na rega de espaços verdes que se observa um maior conhecimento sobre o consumo de água, nomeadamente por parte de sete dos municípios que integram a AMP.

Contabiliza a água utilizada na rega dos EVUs?



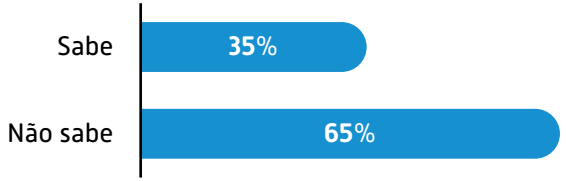
Sete municípios não contabilizam ou não sabem se contabilizam a água utilizada na rega dos EVUs. Destes, quatro municípios indicam uma percentagem elevada de água que não é contabilizada, entre os 60% e os 80%.

Origem da água utilizada na rega de EVUs



O gráfico anterior representa a percentagem de diferentes origens da água usada na rega de EVUs pelos municípios e mostra que **mais de metade da água usada na rega de espaços verdes urbanos na AMP é água potável**. Quatro municípios responderam que 100% da água usada na rega de espaços verdes urbanos é água potável, portanto, própria para consumo humano. Apenas um município não utiliza água potável na rega, indicando todas as restantes opções incluindo a utilização de águas residuais tratadas e captação direta de linhas de água.

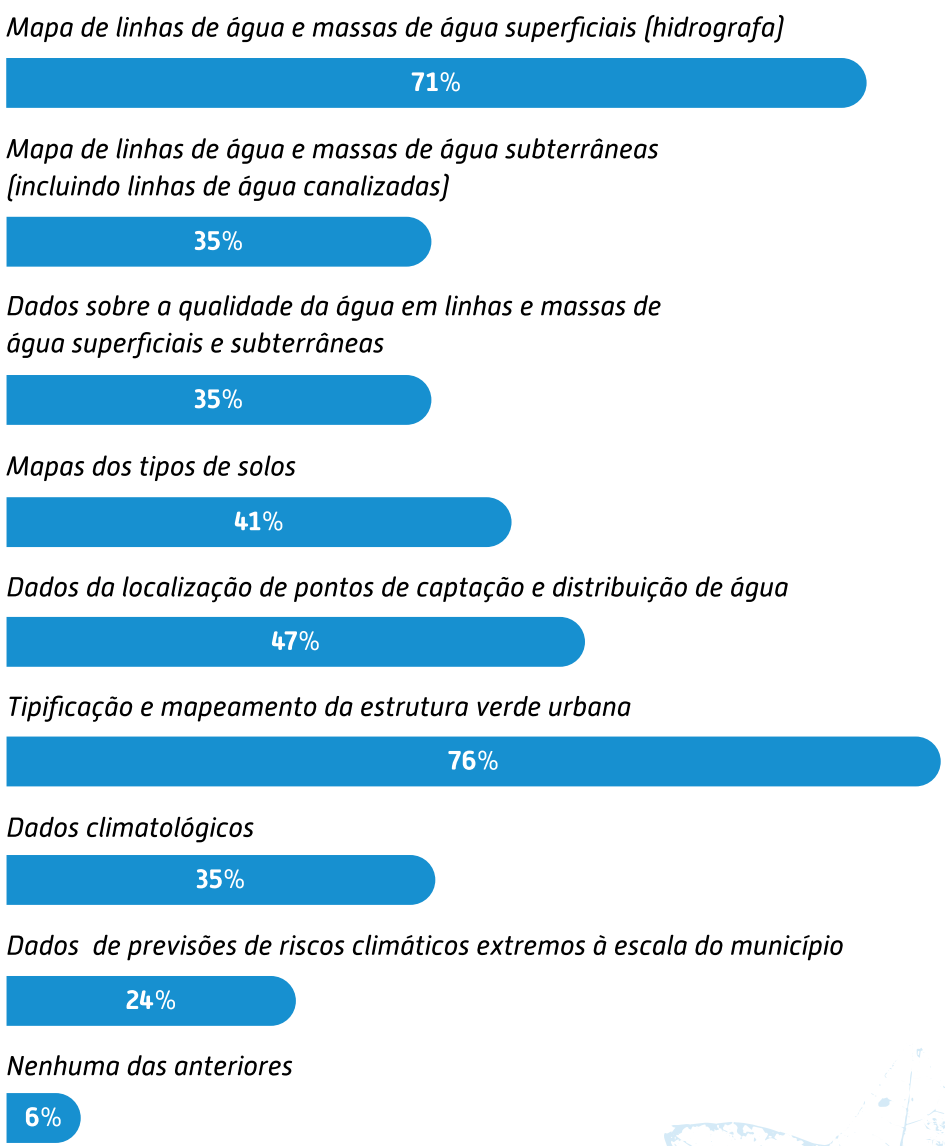
Sabe quanto gasta em água para a rega dos EVUs?



Apenas cinco municípios sabem o valor gasto com a água para a rega dos EVUs. As tarifas de água para as autarquias dentro da AMP são bastante variáveis, com alguns municípios a pagar 4 vezes mais pelo m^3 de água.

Quando questionados sobre o grau de preparação no que respeita a informação de base para uma gestão sustentável da água para rega de EVUs, a maioria dos municípios (mais de 70%) indica ter a estrutura verde urbana tipificada e mapeada, bem como dispor do mapeamento de linhas de água superficiais. 2/3 dos municípios não têm as linhas e massas de águas subterrâneas mapeadas, dados sobre a qualidade da água em linhas e massas de água superficiais e subterrâneas e dados climatológicos. Mais de metade dos municípios refere desconhecer a localização dos pontos de captação e distribuição de água. Apenas um município refere não dispor de nenhuma das informações apresentadas.

Grau de preparação no que respeita a informação de base para uma gestão sustentável da água, o município dispõe de:

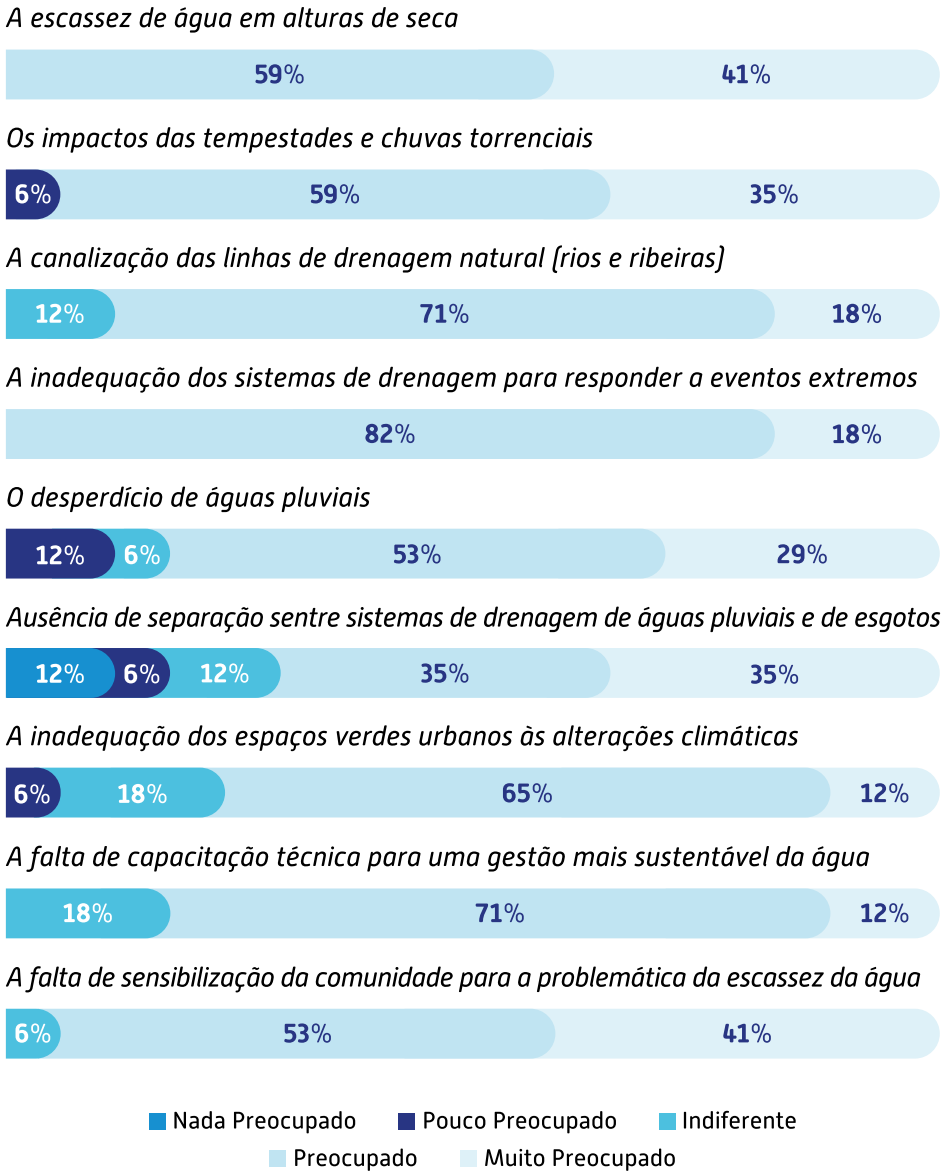


Aparentemente, estes resultados parecem indicar um reduzido grau de preparação dos municípios no que respeita a informação de base para uma gestão sustentável da água. Contudo, pelo menos parte da informação e dados indicados nas questões terão de estar disponíveis para cumprimento da legislação. É o caso, por exemplo, da Carta de Rede Hidrográfica, que é uma peça obrigatória dos Planos Diretores Municipais [106] ou dos dados de localização de pontos de captação e distribuição de água que são regulamentados e se encontram mapeados pela ARH do Norte [107]. Deste modo, estes resultados podem estar também relacionados com a necessidade de uma melhor articulação entre entidades públicas, com diferentes responsabilidades na gestão do território.

Quando questionados sobre o grau de preocupação com a gestão sustentável da água, a maioria dos municípios indicou estar preocupado ou muito preocupado com todos os problemas indicados. Sete deles estão muito preocupados com a escassez de água estival e com a falta de sensibilização da comunidade relativamente a este assunto.

Alguns aparentam ser indiferentes a questões particulares, como a inadequação dos EVUs às alterações climáticas e a falta de capacitação técnica para uma gestão mais sustentável da água.

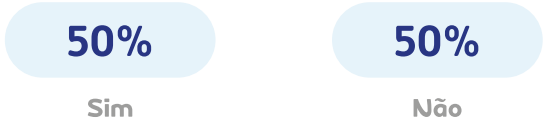
Grau de preocupação do município com os problemas a seguir indicados:



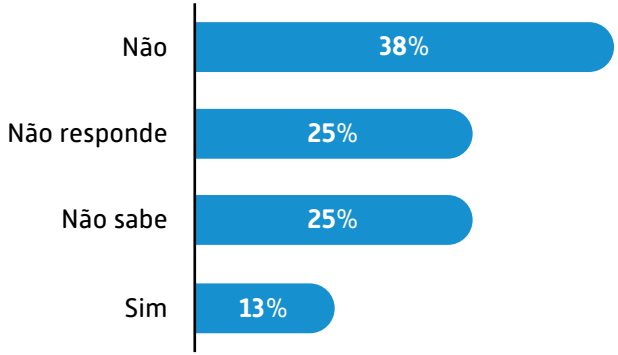
Secção III – Recolha de Dados Municipais

Metade dos municípios refere ter algum plano ou estratégia para uma gestão mais sustentável da água, mas apenas um município indica ter financiamento alocado à sua implementação com origem no orçamento autárquico.

Há interesse em implementar tecnologias e materiais de vanguarda para um uso sustentável da água na rega



Dispõe de financiamento para a implementação desse plano ou estratégia?



SECÇÃO IV

Medidas para uma gestão sustentável da água

1 Medidas para a gestão da água à escala dos espaços verdes urbanos

1.1. Solo
Recurso vital

1. Evitar operações que degradem os solos
2. Fazer regularmente análises físicas, químicas e biológicas ao solo
3. Preparar adequadamente o solo para a plantação da vegetação
4. Melhorar o solo e a sua capacidade de absorção e retenção de água com matéria orgânica
5. Proteger o solo revestindo-o com vegetação de baixa necessidade hídrica
6. Garantir que não ocorre contaminação do solo no caso de se regar com água residual tratada

1.2. Vegetação
Atributos e composição

1. Selecionar a vegetação de acordo com as características biofísicas e recreativas do espaço
2. Priorizar, sempre que possível, plantas com menores necessidades hídricas
3. Evitar espécies de substituição frequente na implementação de novos espaços públicos
4. Substituir relvados regados por prados baixos, sempre que adequado
5. Escolher espécies mais tolerantes à seca para as áreas de relvado/prado
6. Colocar espécies mais tolerantes à seca nas áreas expostas a sul ou oeste
7. Escolher um compasso de plantação adequado às características da vegetação
8. Substituir relvados e/ou prados baixos por revestimentos subarbustivos, quando adequado

1.3. Projeto
Por um design sustentável

1. Respeitar a topografia do local e as linhas de água e de drenagem natural
2. Maximizar as áreas de permeabilidade
3. Adaptar a dimensão das áreas de recreio ativo à procura e intensidade de uso do EVU
4. Compatibilizar as dimensões das áreas regadas com as características dos equipamentos de rega
5. Equilibrar a quantidade e localização das árvores nos EVUs
6. Usar orgânico sempre que o solo não estiver revestido com vegetação
7. Mitigar a incidência do vento
8. Adotar estratégias de desenho tipo *Xeriscaping*, quando adequado

1.4. Rega
Sistemas eficientes e inteligentes

1. Garantir que não há perdas de água nos sistemas de rega
2. Procurar, sempre que possível, que a água usada para a rega seja de origem local
3. Escolher o tipo de rega mais adequado à área a regar
4. Elaborar projetos de rega detalhados e eficientes
5. Adotar novas tecnologias, materiais e sistemas de rega inteligentes
6. Melhorar a uniformidade e eficiência do sistema de rega
7. Regar por hidrozonas, combinando espécies de plantas com necessidades hídricas semelhantes
8. Escolher o melhor horário para a rega
9. Evitar regar em dias com vento de modo a minimizar as perdas por transporte e evaporação
10. Adicionar bocas de rega para complementar os sistemas automáticos
11. Adaptar a frequência e duração da rega ao tipo de solo

1.5. Manutenção
A garantia do sucesso

1. Fertilizar apenas quando estritamente necessário, evitando os períodos de baixa disponibilidade de água
2. Adotar um regime de corte e nutrição adequado em prados e relvados
3. Evitar podas drásticas em árvores e arbustos
4. Arejar canteiros e relvados
5. Controlar plantas infestantes para que não compitam por água e nutrientes
6. Monitorizar as condições do solo nos anos posteriores à instalação de espaço verde
7. Fazer um bom controlo fitossanitário para que a vegetação resista melhor às condições de seca
8. Verificar regularmente o funcionamento do sistema de rega

1.1. Solo

Recurso Vital

1. Evitar operações que degradem os solos

2. Fazer regularmente análises físicas, químicas e biológicas ao solo

3. Preparar adequadamente o solo para a plantação da vegetação

4. Melhorar o solo e a sua capacidade de absorção e retenção de água com matéria orgânica

5. Proteger o solo revestindo-o com vegetação de baixa necessidade hídrica

6. Garantir que não ocorre contaminação do solo no caso de se regar com água residual tratada

1. Evitar operações que degradem os solos

É muito importante evitar a degradação química, física e biológica dos solos dos EVUs, na medida em que estes são o suporte fundamental da vegetação e da biodiversidade, além de serem fundamentais para a filtração da água das chuvas e alimentação de lençóis freáticos. Algumas operações realizadas durante a construção dos EVUs, como por exemplo, limpezas, remoção de solo superficial, nivelamento da superfície e construção de edifícios podem compactar e degradar os solos.

Solos degradados têm altas densidades de massa, baixas taxas de infiltração e ciclos de carbono perturbados. Um solo degradado pode também sofrer perda de nutrientes e de estrutura, diminuição da atividade biológica, acidificação, salinização e diminuição dos níveis de matéria orgânica e da permeabilidade, tornando mais difícil a instalação e desenvolvimento da vegetação. Por isso, durante a fase de construção é fundamental preservar os solos ricos em matéria orgânica, mediante a sua decapagem e armazenamento em pargas para posterior utilização. Solos profundos e de boa qualidade nos EVUs garantem uma maior retenção de água e, portanto, menor necessidade de rega [108].

2. Fazer regularmente análises físicas, químicas e biológicas ao solo

As características do solo devem ser encaradas como parte integrante do projeto e da construção de EVUs. O diagnóstico das condições do solo pode ser feito através de análises físicas, químicas e biológicas, como, por exemplo, textura e frações granulométricas, pH, condutividade elétrica, fertilidade, macro e micronutrientes e metais pesados [108].

É importante ainda analisar a quantidade de matéria orgânica presente nos solos. A esta análise vem, por norma, associado um relatório que informa sobre a aptidão de solos para a plantação, podendo também indicar medidas corretivas e de remediação. Estas análises devem ser periódicas de modo a informarem sobre a necessidade de aplicação de fertilizantes e de outros ajustes no solo.

Devem também ser feitas análises à capacidade e velocidade de infiltração de água no solo, de modo a garantir que a pluviometria do sistema de rega não ultrapassa a capacidade de campo [109].

SABIA QUE?

O solo é um recurso limitado, facilmente degradável, perecível e não renovável, por isso, é cada vez maior a preocupação com a sua preservação.
Conhecer as características do solo é o primeiro passo para planear EVUs saudáveis com um uso eficiente da água para rega. De entre todas as caraterísticas do solo, a textura é a que se mantém mais estável com o decorrer dos anos e uma das que mais condiciona o comportamento hidrológico. A textura influencia diretamente a taxa de infiltração, a capacidade de retenção da água, a renovação do ar no solo, a nutrição e a coesão entre partículas Por este motivo, é de entre as propriedades do solo a que mais determina as decisões relacionadas com a rega.



3. Preparar adequadamente o solo para a plantação da vegetação

A preparação do solo deve ser feita respeitando as suas características. A correção e o melhoramento do solo devem ser feitos apenas quando necessário, adequando estas operações à vegetação que vai ser instalada e tendo em atenção a fertilidade, a permeabilidade e susceti-bilidade do solo à erosão [108]. A matéria orgânica, juntamente com os minerais, a água, o ar e os diversos seres, como os fungos, as bactérias e as formigas, minhocas, etc., transformam o solo num ambiente vivo. Este solo funciona como uma esponja, repleta de canais, por onde circula o ar e a água, retendo os nutrientes e facilitando a absorção pelas raízes das plantas.

Entre as ações de preparação do solo [108] incluem-se:

- Descompactação para aumentar a permeabilidade e a infiltração de água,

reduzindo os danos causados por fenómenos de precipitação extrema;

- Incorporação e manutenção de matéria orgânica;
- Plantação de leguminosas que fixam azoto;
- Correção de solos compactados através, por exemplo, da introdução de areia para prevenir asfixia radicular e a morte das plantas.

4. Melhorar o solo e a sua capacidade de absorção e retenção de água com matéria orgânica

A matéria orgânica é composta por elementos orgânicos, principalmente Carbono (C) e Nitrogénio (N), com origem em resíduos animais e vegetais [108]. Estes resíduos são decompostos no solo devido à ação de diferentes grupos de microorganismos, bem como vários representantes da microfauna edáfica (ácaros, insetos, vermes, etc.). A decomposição pode também ocorrer sob a ação direta da precipitação atmosférica ou da reação ácida ou básica do solo, vento, mudanças de temperatura, etc [108].

A matéria orgânica tem a capacidade de reter até vinte vezes o seu volume em água contribuindo diretamente para a retenção de água no solo e para a fertilidade. Apesar disso, a maior parte da água é retida na sua estrutura interna, pelo que, não está imediatamente disponível para as plantas [110].

A quantidade de matéria orgânica no solo depende de muitos fatores, como: i) a incorporação no solo de novos restos orgânicos (resíduos animais e vegetais) e sua taxa de oxidação química e biológica, ii) a taxa de decomposição da matéria orgânica já existente no solo, iii) textura do solo, iv) arejamento, v) humidade e vi) fatores climáticos [111]. As práticas de manutenção dos EVUs também podem afetar, de forma positiva ou negativa, a quantidade de matéria orgânica no solo. Por exemplo, um revolvimento profundo e frequente do solo destrói a sua estrutura, expondo-o à desecação, e prejudica a atividade biológica, diminuindo a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos e, dessa forma, a quantidade de matéria orgânica [112]. Uma prática de manutenção que contribui positivamente para a presença de matéria orgânica no solo, direta ou indiretamente, é a não remoção da manta morta composta pelas folhas que caem, ou proteção do solo através da cobertura com *mulching* orgânico.

5. Proteger o solo revestindo-o com vegetação de baixa necessidade hídrica

As espécies escolhidas para proteção do solo devem ser capazes de formar um revestimento vegetal denso e, preferencialmente, baixas necessidades hídricas (Ver Anexo – Lista de espécies eficientes no uso da água). Esta ação contribui para a fertilidade e retenção de água no solo, evita erosão e controla as plantas infestantes [113].

SABIA QUE?

A erosão é responsável pela perda de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo por ano no mundo, reduzindo drasticamente a produtividade, a segurança alimentar e a capacidade de armazenamento de água e nutrientes [114].
Em média, 1 cm de solo demora 400 anos para se formar e durante uma enxurrada, onde o solo esteja exposto, as perdas podem ser de vários centímetros [115].

6. Garantir que não ocorre contaminação do solo no caso de se regar com água residual tratada

A opção por água para reutilização (ApR) proveniente de ETARs depende principalmente do uso do espaço pela população, por exemplo, a sua utilização em zonas onde as pessoas se sentam e deitam, ou seja, entram em contato direto com a vegetação regada e com o solo, a sua utilização deve ser frequentemente monitorizada pela possibilidade desta água poder apresentar algum tipo de contaminante.

O tipo de solo também deve ser considerado, devido à sua susceptibilidade à salinidade. Os solos arenosos são menos propensos à acumulação de sais, enquanto os solos argilosos têm uma acumulação maior, o que pode aumentar muito a condutividade elétrica e prejudicar o desenvolvimento da vegetação [116].

Por outro lado, a utilização de ApR na rega de EVUs pode melhorar algumas características dos solos, nomeadamente a estrutura microbiana e a quantidade de matéria orgânica, fósforo e azoto. A utilização de ApR na rega destes espaços verdes carece, portanto, de uma avaliação de risco cuidada, com base no conhecimento das condições *in situ* [116].

SABIA QUE?

A formação dos solos é condicionada direta e indiretamente por 5 fatores principais: o relevo, o clima, os organismos, o tempo e o material de origem. Os solos são normalmente caracterizados pela sua textura, com recurso ao triângulo textural, em que cada vértice representa 3 componentes principais: argila, limo e areia (Figura 23). Da combinação destes componentes resultam três grupos principais de classes texturais do solo: solo argiloso, arenoso e franco [117].

- Solo argiloso - **apresenta grande capacidade de retenção de água.** De uma forma geral é um solo rico em nutrientes e com grande capacidade de fixação e sustentação às raízes. É caracterizado por encharcar com relativa facilidade no Inverno e tornar-se excessivamente seco no Verão.
- Solo arenoso - **não apresenta grande capacidade de retenção de água.** Geralmente é composto por uma quantidade superior de areia na sua composição (cerca de 70%), normalmente pobre em nutrientes.
- Solo franco - **retém menos água que solos argilosos, mas a água está mais disponível para as plantas.** Posiciona-se entre o solo argiloso e o arenoso. Apresenta quantidades equilibradas de ar e de água na sua constituição, visto ter quantidades semelhantes de areia e argila.

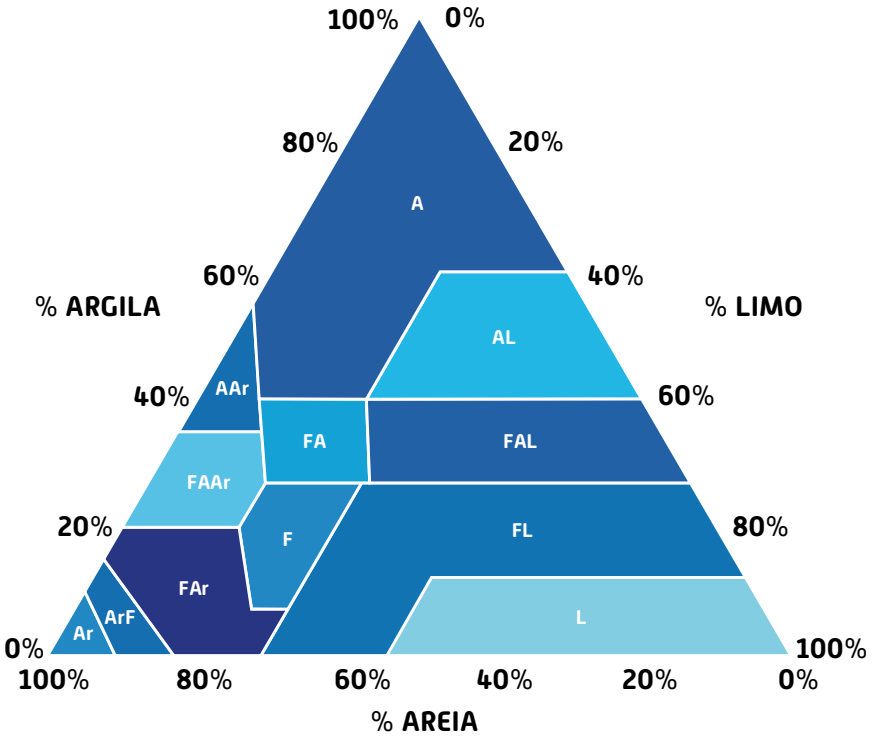


Figura 23 - Triângulo dos três grupos principais de classes de textura do solo: solo argiloso, arenoso e franco. Fonte: [118]

Pelo mundo

Na União Europeia, estima-se que 52 milhões de hectares de solo, o que corresponde a 16% da sua área total, se encontrem em risco de degradação. Em Portugal, atendendo à geomorfologia da paisagem e especificidade das condições ecológicas das regiões mediterrânicas, parte dos solos apresentam risco elevado de erosão consoante a existência ou não de cobertura vegetal, tipo de uso e práticas de gestão [119].

1.2. Vegetação

Atributos e composição

1. Selecionar a vegetação de acordo com as características biofísicas e recreativas do espaço

2. Priorizar, sempre que possível, plantas com menores necessidades hídricas

3. Evitar espécies de substituição frequente na implementação de novos espaços verdes

4. Substituir relvados regados por prados baixos, sempre que adequado

5. Escolher espécies mais tolerantes à seca para as áreas de relvado/prado

6. Colocar espécies mais tolerantes à seca nas áreas expostas a sul ou oeste

7. Escolher um compasso de plantação adequado às características da vegetação

8. Substituir relvados e/ou prados baixos por revestimentos subarbustivos, quando adequado

1. Selecionar a vegetação de acordo com as características biofísicas e recreativas do espaço

A água necessária para a rega de EVUs está muito dependente das necessidades hídricas das espécies instaladas e das condições climáticas locais. A vegetação a utilizar nos EVUs deve, por isso, ser selecionada em função da sua adaptação ao local, especificamente às condições edafoclimáticas, como a temperatura, pH do solo, salinidade, vento e exposição solar. Contudo, os aspetos funcionais e estéticos também devem ser considerados, bem como o carácter do espaços verde e o modo de utilização, priorizando, sempre que possível, espécies autóctones e de baixa necessidade hídrica.

A este respeito, alguma literatura da especialidade propõe que para além da origem (que distingue entre espécies exóticas e nativas) se tenha em atenção outras características das espécies na medida em que estão a ser identificadas alterações nas áreas de distribuição natural e nas competências adaptativas de algumas espécies devido, por exemplo, a alterações climáticas [120]. Deve também existir um levantamento rigoroso do local podendo, por exemplo, aproveitar-se as zonas de má drenagem, onde se acumula água, para a instalação de charcos e de plantas com maiores exigências hídricas [113].

2. Priorizar, sempre que possível, plantas com menores necessidades hídricas

As necessidades hídricas das espécies de plantas são muito variáveis podendo ser descritas numa escala de 1 a 5, correspondendo 1 a plantas xerofíticas, 3 a plantas mesofíticas e 5 a plantas hidrofíticas [121].

Algumas plantas apresentam ainda tolerância à seca por possuírem mecanismos de adaptação para minimizar a perda de água por transpiração, de modo a evitar desidratação. O espessamento da cutícula, o desenvolvimento de espinhos, a localização de estomas em cavidades e na página inferior das folhas, e a abundância de pêlos são algumas das adaptações das plantas que lhes conferem maior tolerância à seca (Ver Anexo – Lista de Espécies Eficientes no Uso da Água).

SABIA QUE?

A água desempenha um papel fundamental na vida das plantas, exercendo várias funções fisiológicas, tais como: o transporte de substâncias, a expansão de células meristemáticas (onde a concentração de água pode ser de 80% a 95%), a sustentação de tecidos ou órgãos, o arrefecimento vegetal (transpiração), o isolamento térmico, o movimento de organelos, a estabilização da estrutura de membranas e a participação em reações químicas [123].

Desequilíbrios entre os processos básicos envolvidos no balanço hídrico de uma planta (a absorção, o transporte e a perda para atmosfera) podem levar à ineficiência de diversos processos fisiológicos. Por exemplo, na fotossíntese as plantas absorvem CO_2 da atmosfera, ficando sujeitas à perda de água pela abertura dos estomas. Este desequilíbrio do balanço hídrico é compensado pela absorção de água pelas raízes, daí a importância de garantir a disponibilidade de água no solo [123].

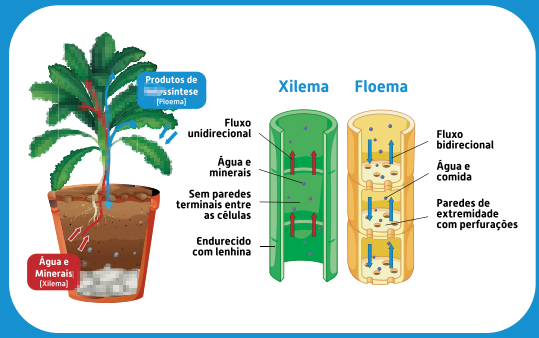


Figura 24 - Principais funções fisiológicas da água para as plantas. Adaptado de: [122]

As podas de árvores e arbustos e cortes de prados e relvados também causam défices hídricos nas plantas, devido ao rompimento das estruturas celulares e consequente perda de água para a atmosfera. Para reporem o nível de água, as plantas necessitam de um consumo maior que o normal, razão pela qual estes tipos de operações devem ser evitadas no Verão.

3. Evitar espécies de substituição frequente na implementação de novos espaços verdes

O cultivo de grandes áreas ocupadas por plantas anuais tem elevados custos de manutenção devido à necessidade de constante renovação. A substituição frequente destas plantas implica igualmente um maior consumo de água devido à rega abundante necessária na fase de instalação. Este tipo de plantas, apreciadas pelas florações vistosas e abundantes, devem ser de uso mais restrito, preferencialmente apenas em jardins com características históricas onde a sua presença seja relevante para a preservação do carácter [124].

4. Substituir relvados regados por prados baixos, sempre que adequado

As principais diferenças entre um relvado regado e um prado baixo, além das espécies que os compõem são a frequência e intensidade da rega e de corte. Quando se opta por um prado está-se, geralmente, a escolher uma solução mais sustentável na gestão de vários recursos, incluindo da água para rega. A utilização de relvados deve estar restrita a campos desportivos de alta performance e mediante recomendação técnica especializada em alguns jardins com carácter histórico. Para a maioria dos EVUs, em vez de relvados, deve-se optar por regimes de corte e rega diferenciados, em função da utilização do espaço: maior frequência de corte e rega nas áreas de clareira e de uso intensivo e menor frequência de corte e rega em zonas limítrofes [125].

5. Escolher espécies mais tolerantes à seca para as áreas de relvado/prado

A resistência à seca e ao pisoteio são fundamentais na escolha das espécies e cultivares a incluir nas misturas de sementes de relvados e de prados para EVUs com grandes áreas de recreio ativo.

O ramo da bioengenharia tem estado em clara expansão e uma linha importante da investigação científica neste campo debruça-se sobre a performance e níveis de stress hídrico de espécies de plantas herbáceas, procurando descobrir variedades e cultivares mais resistentes ou mais tolerantes á seca. Apesar destes estudos serem mais frequentemente associados à modificação de espécies usadas na agricultura, a procura por espécies ornamentais mais resilientes às alterações climáticas começa a ganhar relevância e, provavelmente, tenderá a aumentar no futuro.

SABIA QUE?

Relvados são revestimentos herbáceos constituídos exclusivamente por espécies monocotiledóneas, da família das gramíneas (Poacea). São, por isso, revestimentos com pouca diversidade e que, geralmente, são cortados e regados com bastante frequência, além de terem um controlo de infestantes mais rigoroso o que pode implicar a necessidade de utilização de herbicidas.

Prados baixos são revestimentos herbáceos constituídos por espécies pertencentes a diversas famílias botânicas e que podem ser cortados com alguma frequência, de modo a permitir o seu uso recreativo precisando, por isso, de ser regados com uma frequência ajustada à frequência de corte. Estes prados podem ainda ser constituídos por espécies mais tolerantes à seca, incluindo algumas espécies anuais que secam no verão, mas que voltam a germinar com as primeiras chuvas, geralmente designados por "**prados de sequeiro**".



6. Colocar espécies mais tolerantes à seca nas áreas expostas a sul ou oeste

Áreas com exposição sul ou oeste tendem a ser mais quentes e secas pelo que o uso de plantas mais tolerantes seca garante uma melhor adequação do espaço verdes às condições naturais e reduz a necessidade de rega [124].

7. Escolher um compasso de plantação adequado às características da vegetação

O compasso de plantação deve estar adequado à velocidade de crescimento das espécies e à sua dimensão potencial. Espécies com um crescimento mais lento podem ser plantadas num compasso mais apertado, devendo, contudo, respeitar-se a sua dimensão potencial e garantir espaço para o seu crescimento. Deste modo, evitam-se podas desnecessárias que, além de desvirtuar a arquitetura natural das copas, implicam um maior consumo de água pela planta para compartimentar e repor os tecidos perdidos [126].

Respeitar o compasso de plantação recomendado também é um fator importante para não causar adensamento da vegetação, que pode provocar estiolamento e maior consumo da água. Já a plantação com menor densidade do que o recomendado permite a exposição do solo, podendo provocar erosão e maior evaporação, aumentando também o consumo de água.

8. Substituir relvados e/ou prados baixos por revestimentos subarbustivos, quando adequado

Em áreas como rotundas, triângulos e separadores centrais de estradas, bairros e urbanizações municipais, ruas arborizadas, entre outros tipos de EVUs que não tenham um uso direto e uma função recreativa, os relvados e prados baixos podem ser substituídos por coberturas de solo perenes, arbustivas e subarbustivas menos exigentes em água.

Por exemplo, faixas estreitas entre guias e calçadas podem ser adaptadas para jardins de chuva, de modo a recolher as águas pluviais. Se estes espaços estiverem revestidos com relvados ou prados baixos têm de ser cortados com frequência, o que implica regar desnecessariamente. Além disso, geralmente o sistema de rega instalado neste tipo de espaços não é adequado a estas faixas estreitas e desperdiça água para as superfícies impermeabilizadas [124].

1.3. Projeto

Por um Design sustentável

1. Respeitar a topografia do local e as linhas de água e de drenagem natural

2. Maximizar as áreas de permeabilidade

3. Adaptar a dimensão das áreas de recreio ativo à procura e intensidade de uso do EVU

4. Compatibilizar as dimensões das áreas regadas com as características dos equipamentos de rega

5. Equilibrar a quantidade e localização das árvores nos EVUs

6. Usar mulching sempre que o solo não estiver revestido com vegetação

7. Mitigar a incidência do vento

8. Adotar estratégias de desenho tipo Xeriscaping, quando adequado

1. Respeitar a topografia do local e as linhas de água e de drenagem natural

Durante a construção de EVUs a modelação do terreno proposta não deve introduzir alterações drásticas na topografia local, nomeadamente no sistema hídrico e de drenagem natural. Como já referido, espécies com maiores necessidades hídricas devem preferencialmente ser colocadas em zonas de acumulação natural de água e espécies com menores necessidades hídricas em zonas com maior incidência solar e mais expostas ao vento, geralmente áreas mais declivosas [125].

A falta de informação ou a omissão de dados sobre o relevo do local pode, por isso, levar a uma seleção errada das espécies e provocar um mau dimensionamento do sistema de rega e equívocos nas taxas de infiltração e escoamento da água.

2. Maximizar as áreas de permeabilidade

Reduzir ao máximo áreas com pavimentos e outras estruturas construídas de forma a impermeabilizar o mínimo possível o solo do espaço verde. Estas áreas devem localizar-se, sempre que possível, nas áreas do espaço com menor fertilidade, sendo por isso fundamental efetuar previamente análises ao solo [113], conforme descrito na medida 2 do capítulo Solo - Recurso vital. Esta medida ajuda na infiltração e armazenamento de água no solo facilitando o acesso à água pela vegetação e reduzindo, dessa forma, a necessidade de rega.

3. Adaptar a dimensão das áreas de recreio ativo à procura e intensidade de uso do EVU

O recreio ativo acontece, sobretudo, em áreas de clareira com revestimento herbáceo cortado e regado com frequência, sendo, por isso, as zonas dos EVUs com maior exigência de rega. Reduzir a dimensão da área ocupada por este tipo de revestimentos pode ter um impacto significativo na economia da água usada na rega.

Como já descrito na medida 4 do capítulo 1.2 Vegetação - Atributos e Composição, a utilização de relvados deve estar restrita a EVUs com uma utilização desportiva de elevada performance ou a alguns jardins com carácter histórico.

Para os restantes espaços verdes de uso público, como por exemplo jardins de proximidade e grandes parques urbanos, os relvados podem ser substituídos por prados baixos cortados e regados com menos frequência ou mesmo prados de sequeiro, que integram espécies anuais, ou seja, que adquirem um aspeto mais amarelecido no verão. É, contudo, importante fazer uma avaliação comparativa entre a capacidade de carga do EVU e a procura e intensidade de uso antes de proceder a alterações nos revestimentos herbáceos.

Uma boa prática no projeto de EVUs é projetar de forma a que a área regada seja no máximo ⅔ da área total do espaço verde [127]. Na califórnia, por exemplo, a área com revestimentos herbáceos regados não pode ultrapassar 25% da área total do espaço verde [128].

4. Compatibilizar as dimensões das áreas regadas com as características dos equipamentos de rega

Durante a conceção dos EVUs as dimensões das áreas a regar, e, especificamente, as formas e dimensões das áreas de prado regado ou relvado devem ser desenhadas tendo em consideração os raios de projeção da água, distanciamento e uniformidade de modo a otimizar os sistemas de rega [124].

5. Equilibrar a quantidade e localização das árvores nos EVUs

O projeto de espaços verdes urbanos deve encontrar um equilíbrio entre maximizar o conforto térmico possibilitado pela sombra das árvores e permitir o resfriamento noturno de áreas relvadas abertas (clareiras). As sombras proporcionadas pelas árvores também contribuem para diminuir as necessidades hídricas do espaço verde, reduzindo a evapotranspiração da vegetação ao seu redor.

6. Usar *mulching* sempre que o solo não estiver revestido com vegetação

O *mulching* é uma técnica que envolve a cobertura e revestimento da superfície do solo com materiais orgânicos ou inorgânicos. Esta técnica tem inúmeras mais valias incluindo a limitação da evaporação da água

do solo reduzindo a necessidade de rega, ao mesmo tempo que limita o crescimento de plantas infestantes, evitando a competição hídrica entre plantas. Recomenda-se o uso de *mulch* orgânico que inclui materiais amplamente utilizados, tais como casca de pinheiro, estilha, fibra de coco e restos vegetais (folhas e ramos). Para além dos benefícios relacionados com a humidade do solo, esta prática melhora o nível de nutrientes, controla as perdas por erosão e melhora ainda a qualidade estética. A seleção do material de cobertura é importante, visto que os materiais orgânicos e de maior dimensão são geralmente mais eficientes. Os materiais inorgânicos devem ser evitados, sobretudo os de cores claras, devido ao efeito de albedo [124].

SABIA QUE?

Agricultura sintrópica - técnica desenvolvida pelo suíço Ernst Götsch na década de 80 no estado da Bahia - Brasil. Consiste na forma de recuperar, com relativa rapidez, a fertilidade de solos degradados. O conceito de agricultura sintrópica é usado para designar um sistema de cultivo agroflorestal baseado na sintropia. A sintropia, contrariamente à entropia, caracteriza-se pela preservação energética e ambiental, organização, equilíbrio e integração de um sistema. Podendo ser uma solução de agricultura para regiões do globo áridas.

Em Portugal, a agricultura sintrópica está a ser testada com sucesso em Mértola, zona suscetível à desertificação, onde além da associação de plantas de diferentes estratos e da aplicação de *mulch* nas linhas de cultivo (proveniente de vegetação que se desenvolve na entrelinha), ainda é utilizada rega localizada tipo gota-a-gota, para maximizar a produção e facilitar o crescimento das plantas.

As técnicas da agricultura sintrópica também podem ser usadas em EVUs de modo a minimizar o uso da água na rega [129].

7. Mitigar a incidência do vento

O vento assim como a temperatura, humidade do ar, radiação solar e taxas de evapotranspiração são fatores importantes que devem ser levados em conta na escolha dos sistemas de rega e cálculos de necessidades hídricas. O vento tem um efeito negativo na superfície das folhas e no solo aumentando as taxas de transpiração e evaporação. O vento seco causa fluxos de transpiração intensos, que em muitos casos, podem induzir desequilíbrios fisiológicos.

Embora as estratégias disponíveis para contrariar este fenómeno sejam limitadas, a micromodelação do terreno e a instalação de quebra-ventos são técnicas que podem ser usadas para combater a incidência do vento nos EVUs e que ajudam a controlar a perda de água, tanto da vegetação como do solo e, por isso, são úteis para reduzir a necessidade de rega [124].

8. Adotar estratégias de desenho tipo *Xeriscaping*, quando adequado

Xeriscaping é uma estratégia para a construção de paisagens em ambiente desértico baseada na escolha da vegetação adaptada a este tipo de clima, ou seja, plantas, designadas por xerófitas. Plantas xerófitas, são plantas que vivem em condições de secura, quer em relação ao solo quer em relação à atmosfera e que, por isso, necessitam de pouca água para a sua sobrevivência [2]. O uso correto dos recursos e o baixo consumo de água permitem a criação de espaços sustentáveis e com elevado valor estético com economias de água na ordem dos 50% e de cerca de 30% de redução nos custos de manutenção [130].

Um exemplo de *xeriscaping* são os jardins de rochas, que são espaços decorados com rochas de várias formas e dimensões, dispostas de forma a permitir a instalação de plantas entre si. Estas plantas são, geralmente, de pequeno porte, crescimento lento e estão adaptadas a grandes amplitudes térmicas, ventos extremos e seca. Outro exemplo, são os jardins ditos mediterrânicos (Figura 25), que são jardins compostos por espécies nativas da região mediterrânica, que suportam condições extremas de temperatura, luminosidade, escassez de água e por vezes também ventos fortes.



Figura 25 - Jardim mediterrânico projetado por Olivier Filippi. Fotografia de Noel Kingsbury

1.4. Rega

Sistemas eficientes e inteligentes

1. Garantir que não há perdas de água nos sistemas de rega
2. Procurar, sempre que possível, que a água usada para a rega seja de origem local
3. Escolher o tipo de rega mais adequado à área a regar
4. Elaborar projetos de rega detalhados e eficientes
5. Adotar novas tecnologias, materiais e sistemas de rega inteligentes
6. Melhorar a uniformidade e eficiência do sistema de rega
7. Regar por hidrozonas, combinando espécies de plantas com necessidades hídricas semelhantes
8. Escolher o melhor horário para a rega
9. Evitar regar em dias com vento de modo a minimizar as perdas por transporte e evaporação
10. Adicionar bocas de rega para complementar os sistemas automáticos
11. Adaptar a frequência e duração da rega ao tipo de solo

1. Garantir que não há perdas de água nos sistemas de rega

A primeira medida a tomar na redução do consumo de água na rega deve ser o controlo das fugas de água. Dados recentes sobre a rega de espaços verdes em alguns municípios mostram que existe uma grande diferença entre o volume de água previsto gastar e o realmente gasto (até 10 vezes mais nalguns espaços) [109]. A monitorização do correto funcionamento dos sistemas de rega é, por isso, uma medida fundamental para a gestão sustentável da água.

2. Procurar, sempre que possível, que a água usada para a rega seja de origem local

A rega de espaços verdes deve sempre ser feita a partir de recursos hídricos locais, através da captação de linhas de água, como ribeiras, poços, furos e armazenamento de águas pluviais, evitando água da rede de abastecimento público. Esta medida reforça a importância de uma gestão sustentável da água, pois diminui o transporte de longas distâncias, reduzindo custos e permitindo uma monitorização mais eficiente do sistema [127].

3. Escolher o tipo de rega mais adequado à área a regar

Antes da instalação de um sistema de rega deve-se avaliar a disponibilidade de água e o caudal. Para se fazer a melhor escolha quanto aos tipos de rega a instalar é preciso, antes de mais, recolher informações sobre: a estrutura e profundidade do perfil do solo, salinidade, capacidade de infiltração da água , condutividade hidráulica, capacidade utilizável, topografia, tipo de uso do espaço, vegetação e erodibilidade dos solos pela água.

Sempre que adequado (áreas pequenas e ocupadas por subarbustos, arbustos ou árvores) optar por rega localizada, por gota a gota ou microaspersão. Neste tipo de rega, as áreas de solo molhado são menores, levando a uma menor evapotranspiração e menos perdas, o que possibilita poupanças de água que poderão oscilar dos 10 aos 30 % [131]. Outras vantagens da rega localizada são a facilidade de automação, possibilidade de fertirrigação e redução de custos de projeto [132].

Quando as áreas a regar são de maior dimensão e o revestimento é do tipo relvado ou prado baixo, deve-se optar por sistemas do tipo multi jatos rotativos. Estes fornecem vários jatos de água a um ritmo lento e constante permitindo que a água se infiltre lentamente no solo, conseguindo assim uma distribuição uniforme, reduzindo o escoamento e o desperdício em cerca de 30 % [60].

4. Elaborar projetos de rega detalhados e eficientes

A elaboração do projeto deve atender a fatores como as características físicas do solo, o clima (humidade do ar, temperatura, vento, incidência solar e precipitação), o tipo de vegetação (a vegetação deve estar organizada por hidrozonas, conforme as suas necessidades hídricas), taxas de evapotranspiração e o tipo de utilização do espaço verde.

O projeto de rega deve conter todas as especificações necessárias relativamente à tubagem, tipo de rega, válvulas e programadores, setores de rega (o mesmo setor não deve regar diferentes tipos de vegetação, devido às diferentes necessidades hídricas), pressões e caudais e o profissional a instalar deve ter formação especializada [127].

5. Adotar novas tecnologias, materiais e sistemas de rega inteligentes

Um sistema de rega inteligente pressupõe o uso de novas tecnologias, como softwares avançados e inteligência artificial e tem vários benefícios, tais como gerir os sistemas de rega de forma remota, atuar em tempo real de acordo com as condições atmosféricas e gerir o uso de fertilizantes e pesticidas. Isto pode ser conseguido com a ajuda de sensores de chuva, sensores de humidade do solo, controladores de rega, entre outros equipamentos [133].

Os sistemas de rega inteligentes procuram, assim, garantir que as plantas recebem exatamente a quantidade de água que necessitam e não mais do que isso.

Para mais informação sobre novas tecnologias e materiais, consultar o capítulo 3.1. Tecnologias e materiais de vanguarda, da Secção II – Panorama Científico.

6. Melhorar a uniformidade e eficiência do sistema de rega

A uniformidade na distribuição de água é essencial em qualquer sistema de rega, pois afeta a eficiência do uso da água e, como consequência, a qualidade da vegetação regada. Nenhum sistema de rega é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade. Em geral, o aumento da uniformidade na distribuição da água requer investimentos na melhoria do sistema, em manutenção e em mão-de-obra [134].

7. Regar por hidrozonas, combinando espécies de plantas com necessidades hídricas semelhantes

Agrupar plantas com necessidades hídricas semelhantes, criando hidrozonas é uma medida fundamental para a otimização da água para rega. O tamanho das hidrozonas deve ser compatível com o sector da rega que as vai regar, havendo um ótimo de relação custo/benefício. A literatura indica quatro tipos principais de hidrozonas [135].

Zona 1: Rega de rotina. As hidrozonas principais são as áreas que experimentam tanto o maior impacto sobre o solo quanto o maior uso de água e energia. Por exemplo, os relvados em função do seu uso, capacidade de carga e necessidade de regeneração rápida necessitam de rega mais constante.

Zona 2: Rega reduzida. As hidrozonas secundárias são áreas que são visualmente importantes, mas não são usadas para recreio ativo. Um exemplo são os canteiros de flores ou arbustos.

Zona 3: Rega limitada. As hidrozonas mínimas são as áreas que recebem pouco ou nenhum uso humano e, portanto, justificam pouca rega. Isso inclui zonas de enquadramento como faixas de vegetação entre os passeios e a rua. Para melhores resultados e manutenção mais fácil, essas áreas devem ser combinadas com plantas autóctones que sobrevivem praticamente apenas com a água da chuva.

Zona 4: Sem rega. As hidrozonas elementares recebem apenas a água da chuva e sem abastecimento de água suplementar. Aqui a intensidade de uso humano é mais baixa. São áreas ocupadas por vegetação espontânea.

8. Escolher o melhor horário para a rega

Regar preferencialmente antes do nascer do sol, assim a vegetação aproveita a humidade noturna e evitam-se as perdas por evapotranspiração. A instalação de sensores de humidade no solo e estações climatológicas ajudam na gestão da eficiência da rega [127].

9. Evitar regar em dias com vento de modo a minimizar as perdas por transporte e evaporação

O vento é um parâmetro importante no processo de evapotranspiração. Assim, em regiões com muito vento a dotação de água para rega pode necessitar de ser superior, a não ser que o seu efeito seja mitigado como proposto na medida 7 do capítulo Projeto - Por um Design sustentável.

Além disso, a velocidade e direção de incidência do vento em relação ao eixo de deslocamento do aspersor/ pulverizador afeta a distribuição de água, podendo tornar o sistema de rega ineficiente [136].

10. Adicionar bocas de rega para complementar os sistemas automáticos

Nos EVUs devem sempre existir bocas de rega com distanciamento máximo 50 metros entre si para eventuais limpezas ou como complemento do sistema de rega automático. Estas bocas de rega devem apenas ser usadas em emergências, no caso de o sistema automático avariar durante um período de seca severa [137].

11. Adaptar a frequência e duração da rega ao tipo de solo

Esta medida está muito relacionada com a capacidade de infiltração de água no solo, visto que, se a rega for mais lenta e espaçada, o

solo consegue absorver melhor a água, evitando o escoamento superficial [138].

A frequência e duração da rega estão muito dependentes da velocidade de infiltração da água no solo, mas também de outros fatores, como o tipo de perfil do solo, a sua macroestrutura, as suas condições biológicas e a vegetação existente. Por exemplo, a presença de argila no solo, diminui a sua porosidade, não permitindo uma grande infiltração. Enquanto que, um solo coberto por vegetação é mais permeável que um solo nu [139].

1.5. Manutenção

A garantia do sucesso

1. Fertilizar apenas quando estritamente necessário, evitando os períodos de baixa disponibilidade de água

2. Adotar um regime de corte e nutrição adequado em prados e relvados

3. Evitar podas drásticas em árvores e arbustos

4. Arejar canteiros e relvados

5. Controlar plantas infestantes para que não compitam por água e nutrientes

6. Monitorizar as condições do solo nos anos posteriores à instalação de espaço verde

7. Fazer um bom controlo fitossanitário para que a vegetação resista melhor às condições de seca

8. Verificar regularmente o funcionamento do sistema de rega

1. Fertilizar apenas quando estritamente necessário, evitando os períodos de baixa disponibilidade de água

A decisão de fertilizar deverá basear-se sempre em análises prévias do solo, que vão permitir apurar as necessidades reais em termos de nutrientes.

Quando se fertiliza em excesso, a planta não tem capacidade de absorver todos os nutrientes e estes ficam livres na solução do solo. Os nutrientes passam então a ser transportados para as camadas mais profundas do solo por meio da água das chuvas ou mesmo da rega. Este processo de lixiviação leva a perdas desnecessárias de nutrientes, elevação do pH, contaminação de águas subterrâneas, stress por salinidade no solo e toxicidade nas plantas [140]. A utilização de fertilizantes de libertação lenta (*Slow Release Fertilizers* - SRF) proporciona uma nutrição mais equilibrada durante um período prolongado [141].

Atualmente, além de uma ampla gama de fertilizantes no mercado, existem novos produtos biológicos disponíveis chamados bioestimulantes, que melhoram o crescimento e desenvolvimento geral das plantas. Estes produtos permitem um aumento da disponibilidade de potássio, especialmente em solos argilosos. O aumento de potássio na planta leva a um aumento da resistência ao stress térmico e hídrico, salinidade, ou pragas e doenças. Os bioestimulantes são compostos por substâncias de origem natural, contendo extratos vegetais, hormonas ou substâncias húmicas e são usados em doses pequenas ou muito pequenas [142]. Apesar de ainda faltarem estudos mais gerais que caracterizem completamente a reação dos processos metabólicos das plantas aos bioestimulantes, o seu uso tenderá a aumentar significativamente no futuro, à medida que aumenta o conhecimento sobre as suas vantagens.

2. Adotar um regime de corte e nutrição adequado em prados e relvados

Os prados e relvados quando bem nutridos e cortados corretamente desenvolvem raízes mais profundas e absorvem melhor a água e os nutrientes, permitindo que resistam melhor ao desgaste pelo pisoteio, ao calor e à seca. Cortes mais espaçados garantem perdas menores por transpiração e, portanto, consomem menos água. Respeitar sempre a altura de corte recomendado para cada espécie e evitar cortar mais do que um terço da superfície foliar de cada vez.

3. Evitar podas drásticas em árvores e arbustos

Poda drástica é aquela que remove mais que 30 % do volume da copa de uma árvore ou arbusto. Esta mudança brusca na condição da planta causa um desequilíbrio entre a superfície da copa e a superfície de absorção de água e nutrientes (raízes finas). A reação da árvore será tentar repor o volume foliar perdido necessitando para isso de absorver muita água. Para além da perda de qualidade estética, as consequências de podas drásticas são a perda de reservas energéticas da planta e, em momentos de seca, a probabilidade de ocasionar a morte da planta é acentuada [143].

4. Arejar canteiros e relvados

A principal função do arejamento é descompactar o solo, permitindo criar espaço para a entrada e circulação do ar e da água e, dessa forma, melhorar o ambiente onde se desenvolve o sistema radicular [124].

5. Controlar plantas infestantes para que não compitam por água e nutrientes

As plantas infestantes são plantas que se instalam em locais onde não são desejadas. Estas plantas podem prejudicar a estética do espaço, mas também competem com a vegetação desejada por água, nutrientes e radiação solar. O controle (monda) destas plantas deve ser feito quando estas são jovens evitando uso de herbicidas [124].

6. Monitorizar as condições do solo nos anos posteriores à instalação de espaço verde

A importância do solo já foi amplamente referida ao longo deste manual (ver Medida 2 do capítulo Solo - Um recurso vital). Contudo, é um facto que o solo é um elemento fundamental dos EVUs, determinante para a sua qualidade e para o sucesso de qualquer medida de otimização da água necessária para a rega. Também é verdade que é o elemento mais frequentemente negligenciado em toda a *timeline* da vida de um EVU desde a sua conceção, construção e manutenção.

Neste quadro, torna-se relevante reforçar a importância de garantir que as características do solo são monitorizadas com a frequência necessária. Testes regulares ao solo permitem saber se o solo está compactado, a taxa de infiltração e percolação, perceber se a biologia do solo está devidamente equilibrada para permitir absorção e degradação de nutrientes e poluentes, calcular o momento de aplicar fertilizantes e, com mais importância no contexto deste trabalho, o impacto na dotação e água para rega [127].

7. Fazer um bom controlo fitossanitário para que a vegetação resista melhor às condições de seca

Existe uma relação íntima e recíproca entre a fitossanidade e as condições de stress a que as plantas estão sujeitas. Por um lado, quando as plantas estão em ambientes com elevado stress hídrico, poluição, solos pobres e degradados, etc. ficam mais suscetíveis a ataque de pragas e doenças. Por outro, os problemas fitossanitários também limitam a capacidade das plantas de gerir bem os recursos hídricos que possam ter disponíveis [124].

A Manutenção Integrada de Pragas (*Integrated Pest Management* - IPM) é uma abordagem eficaz e baseada em práticas sustentáveis. Os programas de IPM usam informações atuais e abrangentes sobre os ciclos de vida das pragas e sua interação com o meio ambiente. Essas informações, em combinação com os métodos de controle de pragas disponíveis, são usadas para gerir os danos causados por pragas da maneira mais económica e com o menor risco possível para as pessoas e o meio ambiente [126].

8. Verificar regularmente o funcionamento do sistema de rega

Esta medida está alinhada com a medida 1 do capítulo 1.4 Rega - Sistemas eficientes e inteligentes. Uma verificação atenta e regular do sistema de rega permite não só verificar o estado da tubagem, acessórios, válvulas, eficiência de rega dos aspersores/pulverizadores e tubos gotejadores, mas também ajustar os parâmetros do programador às previsões da próxima estação de rega e às necessidades hídricas do espaço [127].

2 Medidas para a gestão da água à ESCALA MUNICIPAL

2.1. Compreender as condições ambientais

1. Mapear as bacias hidrográficas e respetivas linhas de drenagem natural
2. Conhecer e mapear a geologia e solos do município
3. Conhecer as condições climáticas do município

2.2. Conhecer o consumo e distribuição da água

1. Conhecer a distribuição do consumo de água pelos diferentes usos
2. Perceber a proporção de água alocada a cada espaço verde urbano
3. Conhecer e estudar fontes alternativas de água para a rega
4. Investir na digitalização do sector municipal da água

2.3. Implementar soluções de base natural para a gestão da água

1. Maximizar as áreas com vegetação
2. Adotar soluções de base natural para a captação, retenção e distribuição da água
3. Identificar locais ótimos para a captação e armazenamento de água
4. Adaptar a arquitetura dos edifícios públicos para uma melhor gestão da água

2.4. Proteger e promover a regeneração de ecossistemas urbanos

1. Preservar e restaurar ecossistemas urbanos de base hidrológica
2. Promover a conectividade entre os diversos espaços verdes urbanos
3. Mapear e tipificar a estrutura verde das áreas urbanas do município

2.5. Capacitar e mudar mentalidades

1. Formar técnicos e gestores em relação a novas tecnologias
2. Promover ações de sensibilização para a problemática da escassez da água
3. Incluir avisos de sensibilização nas contas por parte da empresa fornecedora de água
4. Promover campanhas de comunicação sempre que nos espaços verdes se implementem medidas com impacto na perceção visual
5. Regulamentar a limitação do uso de água nos Espaços Verdes Públicos, em situação de escassez

2.1. Compreender as condições ambientais

1. Mapear as bacias hidrográficas e respetivas linhas de drenagem natural

2. Conhecer e mapear a geologia e solos do município

3. Conhecer as condições climáticas do município

1. Mapear as bacias hidrográficas e respetivas linhas de drenagem natural

O planeamento e gestão hídrica à macro escala são o primeiro passo para uma gestão sustentável da água [144]. Para isso, é essencial o conhecimento atualizado e o mapeamento de toda a rede hidrográfica: linhas de água, lençóis freáticos e superfícies de água do município [109].

Esta medida está sustentada na Lei de Bases do Clima, Artigo 52.º, alínea a), que indica que a execução do planeamento e da gestão hídrica devem garantir "a segurança hídrica, a proteção da biodiversidade e as atividades socioeconómicas, de acordo com um uso justo, reduzindo a exposição e a vulnerabilidade e aumentando a resiliência às alterações climáticas" [145] ; e no Plano Nacional da Água - POSEUR - Portugal 2020 [146] "Eixo 1 — Medidas destinadas a melhorar o conhecimento sobre o estado das massas de água ".

2. Conhecer e mapear a geologia e solos do município

O solo é um sistema dinâmico e complexo, fundamental para o funcionamento dos ecossistemas terrestres, afetando o balanço de energia, o ciclo de nutrientes, a produtividade e, com especial relevância no contexto deste trabalho, o ciclo da água. Face à sua importância, o conhecimento dos solos e da sua distribuição espacial no território é determinante para o planeamento e tomada de decisões quanto ao seu uso. Este conhecimento pode ser adquirido através do levantamento e mapeamento pedológico convencional ou de um Mapeamento Digital do Solo (MDS) [147].

Esta medida encontra suporte na Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo [148], Artigo 2, alínea a), que reitera como um dos seus objetivos "Valorizar as potencialidades do solo, salvaguardando a sua qualidade e a realização das suas funções ambientais, económicas, sociais e culturais, enquanto suporte físico e de enquadramento cultural para as pessoas e suas atividades, fonte de matérias-primas e de produção de biomassa, reservatório de carbono e reserva de biodiversidade."

3. Conhecer as condições climáticas do município

As condições climáticas são aquelas que têm atuação direta na dinâmica atmosférica, influenciando de maneira decisiva o tempo (condições atmosféricas e fenómenos meteorológicos em curto prazo, como a temperatura, chuva, vento, humidade, nevoeiro, nebulosidade, etc.) e o clima de uma região (comportamento estatístico de variáveis meteorológicas como a temperatura, vento, chuva, etc. em determinada localidade, num determinado período, por exemplo, 30 anos) [149].

A gestão da água é tão mais eficiente quanto mais rigoroso for o conhecimento das variáveis climáticas como temperatura, humidade, radiação solar, pressão atmosférica, precipitação, vento e amplitude térmica, que atuam em determinado território.

O vento influencia diretamente o microclima de um local, com impacto no desenvolvimento da vegetação e na disponibilidade hídrica. Além disso, como previamente referido, a eficiência de sistemas de rega por interferir com a uniformidade de distribuição de água aplicada [150].

As temperaturas médias e amplitudes térmicas anuais e mensais, bem como a precipitação média (quantidade de chuva que ocorre ao longo do ano), e distribuição da precipitação e da incidência solar ao longo do ano são variáveis climáticas que devem ser conhecidas previamente à seleção da vegetação e e a sua evolução acompanhada no âmbito da manutenção dos EVUs. [151].

2.2. Conhecer o consumo e distribuição da água

1. Conhecer a distribuição do consumo de água pelos diferentes usos

2. Perceber a proporção de água alocada a cada espaço verde urbano

3. Conhecer e estudar fontes alternativas de água para a rega

1. Conhecer a distribuição do consumo de água pelos diferentes usos

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), centrado na redução das perdas de água e na otimização do uso da água, recomenda o aprofundamento do conhecimento sobre o consumo e distribuição da água por diferentes sectores [152].

Esta medida está ainda sustentada na Lei de Bases do Clima, que no Artigo 52.º, alínea b), propõe a "Definição de um sistema de monitorização dos grandes consumos de água, para os diversos fins, incluindo o consumo humano, ao nível autárquico, o consumo nos perímetros hidroagrícolas nacionais e os consumos industriais, no sentido de analisar as ações de eficiência hídrica em cada um dos setores" [145].

2. Perceber a proporção de água alocada a cada espaço verde urbano

É fundamental conhecer o volume de água disponível para o município, isto é, da água subterrânea e superficial que o município dispõe, para poder fazer uma gestão mais eficiente e coerente da água necessária para a rega dos seus EVUs.

O Plano Nacional da Água (PNA) descreve a importância da análise dos consumos, mais especificamente, cada "Região Hidrográfica deve, em função dos usos consumptivos (atividades que impliquem o consumo de água) existentes e projetados, calcular o balanço entre as necessidades e as disponibilidades de água, superficiais e subterrâneas, considerando para o efeito a capacidade de armazenamento existente para fazer face à irregularidade sazonal e interanual do escoamento"[145].

3. Conhecer e estudar fontes alternativas de água para a rega

Como se identificou na Secção II – Diagnóstico (Origem da água utilizada na rega de EVUs), uma grande parte da água usada na rega de EVUs é água potável com origem na rede pública de abastecimento. Com recursos hídricos cada vez mais escassos é imprescindível pensar em fontes alternativas para a água a utilizar na rega dos EVUs [153], tais como: águas residuais tratadas, captação e armazenamento de águas pluviais, água cinzenta, água dessalinizada, recarga de aquíferos e utilização de furos. A investigação científica também tem feito progressos nesta temática estando em curso vários projetos que procuram obter água a partir de fontes improváveis como: água condensada capturada, água de fundação, captação de água atmosférica.

Para informações mais detalhadas sobre cada um destes tipos de fontes alternativas de água, consultar o Glossário.

Esta medida vem ao encontro da Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR, 2020) que menciona a "imposição legal de níveis mínimos de reutilização em usos compatíveis de efluentes urbanos tratados" e ainda a importância de promover o uso eficiente dos recursos hídricos [154].

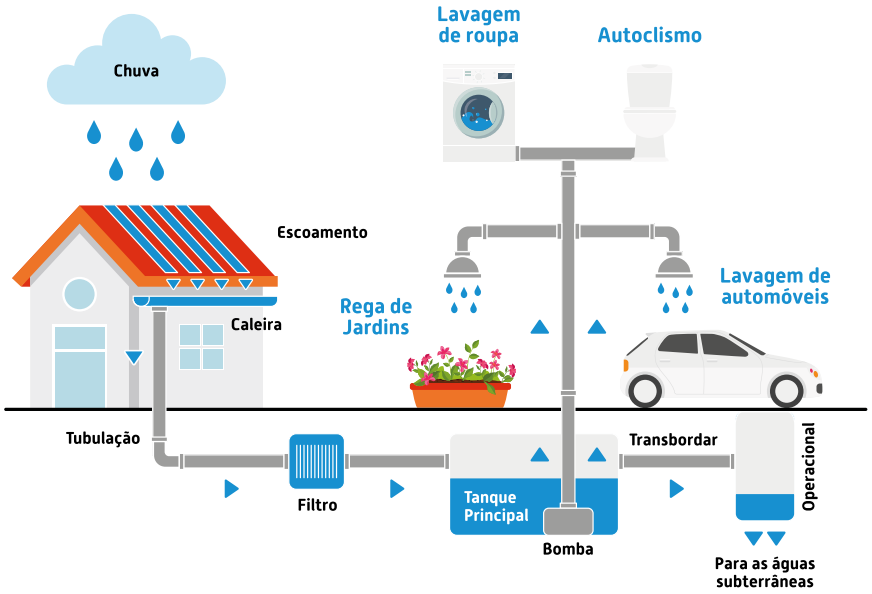


Figura 26 - A água da chuva pode ser usada para várias funções, uma delas a rega de espaços verdes. Adaptado de: [155].

Águas residuais tratadas

Entre as fontes alternativas de água destacam-se, pela relevância que assumem na literatura, as águas residuais tratadas. As águas residuais tratadas são agora encaradas como uma nova fonte de água, adicional e/ou alternativa para múltiplos fins. A nível global, a reutilização de água expandiu-se desde a rega agrícola ou de espaços verdes e de usos urbanos restritos até aos usos potáveis (indiretos e diretos).

A nível nacional, o artigo 57.º do Decreto-Lei n.º 226 -A/2007, de 31 de maio, na sua redação atual, determina que as águas residuais tratadas devem ser reutilizadas, sempre que tal seja possível ou adequado, nomeadamente para rega de jardins, espaços públicos e campos de golfe, integrando a orientação prevista na Diretiva 91/271/CE. Esta mesma diretiva clarifica ainda que as vias de eliminação das águas residuais urbanas devem minimizar os efeitos nocivos sobre o ambiente e terão de ser sujeitas a regulamentação ou a autorizações prévias específicas.



Figura 27 - Diferentes usos da água residual tratada. Fonte: [156].

SABIA QUE?

Em Portugal continental, em 2020, apenas 30 entidades gestoras produziram águas residuais tratadas para reutilização (ApR), correspondendo a 8,1 milhões de metros cúbicos, ou seja, a cerca de 1,1 % da água residual tratada em estações de tratamento [157]. A maior parte dessa água residual tratada foi utilizada pelas entidades gestoras para uso próprio e apenas 12 % foi fornecida a outras entidades para serem reutilizadas.

Na Austrália, após secas severas, foram forçados a examinar criticamente o uso pessoal, industrial e comunitário da água e considerar uma série de métodos de conservação de água menos necessários noutros países. Um deles foi a utilização de água proveniente do processo de diálise (com um consumo de 490 l/pessoa). Usando um sistema denominado osmose reversa conseguem aproveitar água que é normalmente desperdiçada, armazenando-a para a rega de EVUs [35].

Pelo mundo

Embora em todo o mundo, mais de 60 países, pratiquem a reutilização de águas residuais é difícil identificar quais são os países que reutilizam o maior volume devido à falta de dados padronizados.

Europa - A média de águas residuais tratadas na União Europeia é de cerca 2,4 %, embora certos países apresentem taxas muito mais elevadas, como Chipre (próximo de 100 %), Malta (próximo de 60 %) [158]. No sul da Europa, as águas residuais tratadas são usadas predominantemente para rega agrícola (44 % dos projetos de águas residuais) e aplicações urbanas ou ambientais (37 % dos projetos).

Califórnia - Cerca de 30 % das águas residuais são recicladas, destas, 27 % é utilizada na rega de espaços verdes [159].

Jordânia - 14 % da água distribuída é água residual tratada. As águas residuais tratadas e reutilizadas na agricultura representaram cerca de 25% do total de água utilizada para rega [160].

Israel - Quase 90 % de águas residuais são reutilizadas e 25 % da água usada em Israel é água residual tratada, trazendo segurança hídrica para uma nação que tem 70 % do seu território coberto por desertos. A maior parte da água residual tratada é usada para a agricultura e para recarregar artificialmente os aquíferos [161].

Singapura - As águas residuais tratadas cobrem 40 % da necessidade hídrica do país, um número que deve aumentar para 55 % até 2060. Enquanto a maior parte é usada para fins industriais, parte desta água é também usada no abastecimento de água potável. [161]

Austrália - Cerca de 15 % do volume de água das ETARs é reutilizada. Existem diferenças significativas na reutilização entre os estados, por exemplo, a Austrália do Sul recicla mais de 20% de suas águas residuais [162].

Marrocos - A gestão da água em Marrocos assenta em 4 pilares: águas residuais tratadas, água dessalinizada, recolha e captação de águas pluviais e a recarga artificial de águas subterrâneas. Contudo, um estudo elaborado neste país estudou a eficiência de várias opções de abastecimento de água comparando o custo monetário versus o volume de água disponibilizado e concluiu que a recarga artificial de aquíferos é uma das soluções mais eficientes, devido ao baixo custo comparado ao volume de água conseguido.

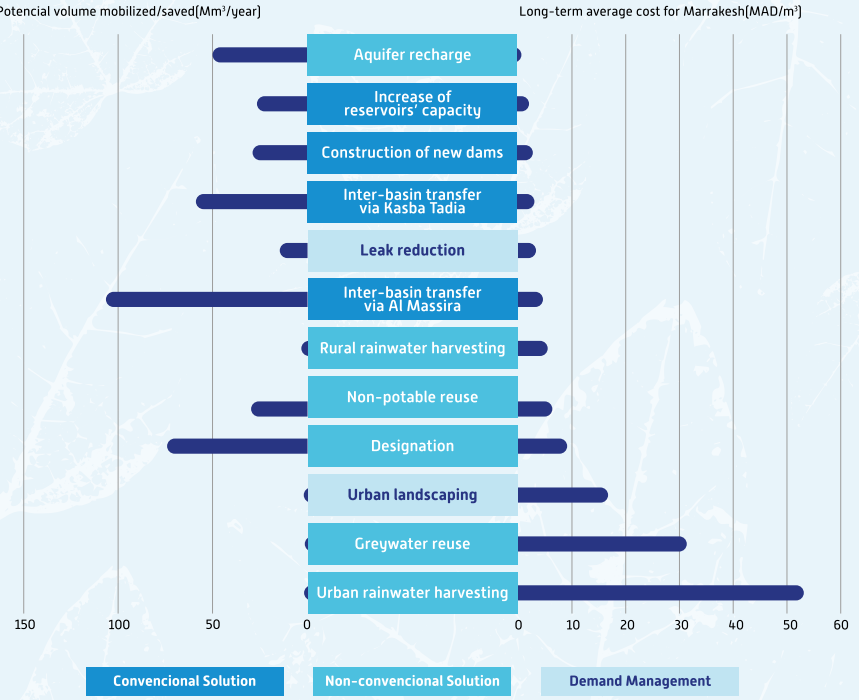


Figura 28 - Comparação das opções de abastecimento de água para Marraquexe extrapolando os custos até 2050. Fonte: [87]

4. Investir na digitalização do sector municipal da água

A gestão da água é normalmente realizada por diferentes departamentos que têm dificuldade de articulação entre si (por exemplo, abastecimento de água para consumo humano, tratamento de águas residuais, projeto e planeamento urbano, gestão da rega de espaços verdes). A digitalização do sector da água à escala municipal pode ser uma medida eficaz para centralizar os dados disponíveis e gerir e monitorizar o consumo de água em tempo real. Esta ideia está preconizada na Lei da água, que aponta no artigo 3.3., "Objetivos de gestão e governança", a medida 4: "Organizar um novo sistema de gestão de informação, que permita disponibilizar em tempo útil e de uma forma expedita o conhecimento atualizado sobre os recursos hídricos, para satisfazer as necessidades dos diferentes agentes do setor e das partes interessadas" [17].

Vive-se hoje também uma cultura de transformação digital, em que o investimento em novas tecnologias está na base da inovação, produtividade e eficiência. A criação de um banco de dados digital que regule os consumos permitiria perceber mais facilmente a ocorrência de perdas de água no sistema de distribuição, permitindo uma atuação precoce na sua mitigação e evitando situações de desperdício.

Com este sistema, os municípios e todas as entidades responsáveis pela distribuição de água podem manter um registo histórico dos consumos de água, tomar decisões mais informadas e operacionalizar projetos de eficiência hídrica. Além disso, o sector da água também deve desempenhar o seu papel na redução global de CO2 e tornar os seus processos de tratamento mais eficientes [163].

2.3. Implementar soluções de base natural para gestão da água

1. Maximizar as áreas com vegetação

2. Adotar soluções de base natural para a captação, retenção e distribuição de água

3. Identificar locais ótimos para a captação e armazenamento de água

4. Adaptar a arquitetura dos edifícios públicos para uma melhor gestão da água

1. Maximizar as áreas com vegetação

A plantação de vegetação em meio urbano traz vários benefícios importantes. Um deles é a evapotranspiração, que contribui para o aumento da humidade relativa do ar e para o funcionamento do ciclo hidrológico. Um benefício adicional da evapotranspiração é a purificação da água num processo similar ao da destilação, porque a água que evapora fica livre de contaminantes. Em último caso, a presença de vegetação contribui para a melhoria do microclima urbano e a diminuição do efeito das ilhas de calor.

Outro benefício da presença de vegetação em meio urbano é a redução substancial do escoamento de água superficial, pois as raízes funcionam como esponja, promovendo uma infiltração de água mais profunda no solo [164]. A interceção da precipitação pelas copas também permite diminuir o impacto de chuvas intensas na medida em que reduz o tamanho da gota e a velocidade com que a água chega ao solo, permitindo uma infiltração mais lenta da água [165].

A presença de vegetação em diferentes estratos à escala do espaço verde urbano contribui para o sombreamento de espécies de menor porte, reduzindo as suas taxas de evapotranspiração e conservando a humidade do solo.

2. Adotar soluções de base natural para a captação, retenção e distribuição de água

Sistemas naturais de captação, retenção e distribuição da água são redes compostas por vários tipos de soluções que podem ser implementadas de raiz ou incorporadas em EVUs existentes. Contudo, importa referir que nem todos os EVUs têm a mesma capacidade para acomodar a implementação deste tipo de soluções que podem implicar a substituição dos elencos florísticos, e alterações na topografia ou no traçado. Por exemplo, jardins históricos são especialmente sensíveis, ao passo que parques urbanos e espaços de enquadramento têm maior capacidade de acomodação.

A literatura científica oferece uma vasta terminologia no que diz respeito a sistemas de retenção, destacando dois tipos: Sistemas de biorretenção e Sistemas de retenção artificiais.

Os sistemas de biorretenção são alternativas sustentáveis à drenagem urbana, que utiliza a atividade biológica de plantas nativas e microrganismos para remover os poluentes das águas pluviais e contribuir para a retenção e infiltração da água das chuvas. Muitas cidades estão a construir redes conectadas deste tipo de sistemas para capturar estas águas antes que elas entrem nos esgotos. Como exemplo deste tipo de soluções temos Jardins de chuva, Bacia de infiltração, Bacia de retenção, Bacia de detenção (lago temporário ou bacia seca), Caldeiras de árvores de biorretenção e Valas de Biorretenção. Para saber mais sobre sistemas de captação, retenção e distribuição aceda a https://www.pwdplanreview.org/manual/chapter-4. [166]



Figura 29 - Exemplo de um sistema combinado de canal de drenagem natural com sistemas de retardação da velocidade da água. Fotografia: Cláudia Fernandes

Podemos ter ainda soluções de retenção adicionais (artificiais), que podem ser usadas como complemento aos sistemas naturais e têm um objetivo muito específico que é a reutilização da água na rega, por exemplo: armazenamento subterrâneo de gravilha, câmaras de armazenamento e sistemas geocelulares de gestão de água.

Estes tipos de estruturas não devem ser implementados isoladamente, mas como partes interconectadas de um sistema mais amplo, uma vez que a maximização do potencial destas propostas acontece quando funcionam em rede.

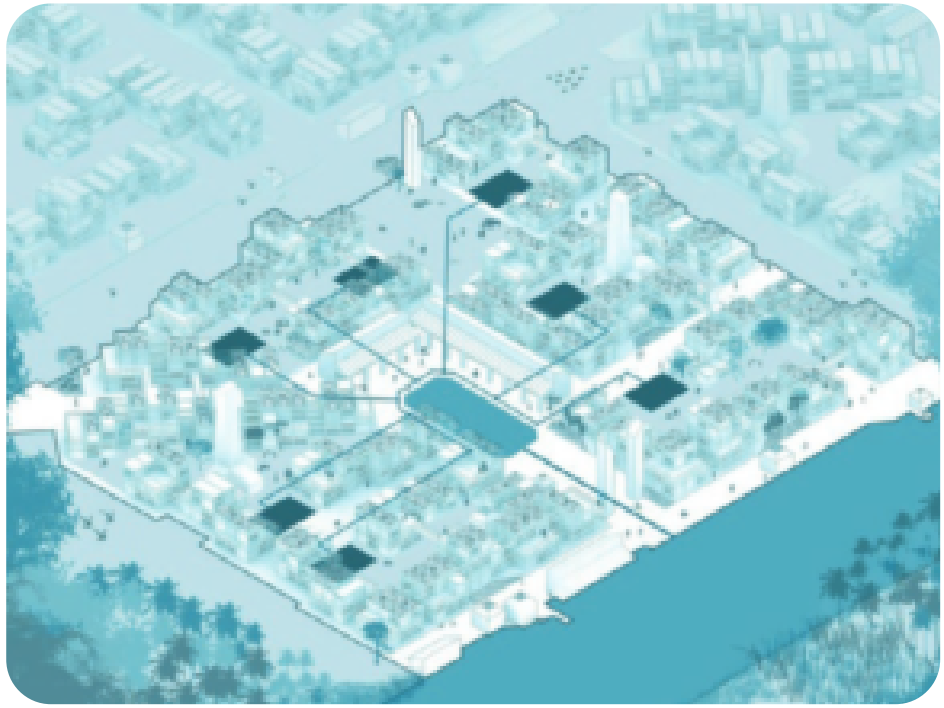


Figura 30 - O planeamento de reservatórios de água à escala urbana pode ser útil para a criação de uma rede de drenagem mais eficiente e o correto dimensionamento dos reservatórios. Fonte: [36].

A adoção de soluções de base natural para a captação, retenção e distribuição de água é importante porque permite:

- recarregar os aquíferos para posteriormente esta água poder ser usada através de furos ou poços para a rega;
- reter e armazenar água para que esta possa ser usada diretamente para a rega;
- melhorar o microclima, aumentando a humidade do ar, diminuindo as ilhas de calor e diminuindo as necessidades hídricas da vegetação;
- retardar o início da rega no Verão, devido a uma maior capacidade de retenção de água no solo;
- criar EVUs com um design mais inovador e que mostre aos utilizadores o padrão do fluxo da água;
- reduzir as inundações em até 70 % e diminuir o volume total de águas pluviais que chegam às tubagens reduzindo assim o fluxo de pico.

3. Identificar locais ótimos para a captação e armazenamento de água

A identificação de locais ótimos para a captação e armazenamento de água é complexa e condicionada por inúmeras variáveis incluindo a disponibilidade de espaço, conflitos entre diferentes tipo de usos para o espaço disponível, apoio público e compensações entre maximizar os diferentes benefícios, como mitigação de enchentes, melhoria da qualidade da água, entre outros benefícios ambientais [92, 167]. A localização espacial destas soluções resulta normalmente da combinação de diferentes camadas temáticas como a cobertura do solo, geologia, declives, drenagem e geomorfologia, usando uma técnica de sobreposição ponderada [168].

4. Adaptar a arquitetura dos edifícios públicos para uma melhor gestão da água

Alguns edifícios públicos também podem contribuir para uma melhor gestão da água através, por exemplo, da integração de sistemas de armazenamento de águas pluviais e da acomodação de telhados ver-

des. A captação de água da chuva é já uma prática muito difundida em vários países como a Austrália e a Alemanha, onde vários sistemas têm sido desenvolvidos, possibilitando a captação de água de boa qualidade de forma simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício. A água captada pode ser usada na rega dos espaços verdes em momentos de seca ou até mesmo para uso em sanitas e limpezas do edifício. Estes reservatórios devem ser bem dimensionados para compensar o seu custo.

Os telhados verdes além de todas as funções já conhecidas, como a proteção térmica e acústica dos edifícios, ainda contribuem para diminuir o escoamento superficial e dinamizar os níveis de água nos canais drenantes em momento de enxurradas. A água captada pelo telhado pode ser armazenada e utilizada na rega deste espaço.

Sempre que se opte por um telhado verde, parede verde ou fachada verde, estes devem ser dimensionados juntamente com um reservatório para recolha da água das chuvas (que servirá como fonte de rega em momentos de seca). A drenagem subterrânea é fundamental para diminuir a taxa de escoamento no seu pico, mas a drenagem superficial (através de sistemas de biorretenção) é mais eficiente a atingir outros objetivos, tais como a redução de cheias e aumento da humidade do solo para sobrevivência das plantas. A drenagem superficial é ainda mais revelante se for instalada em subsolo de baixa permeabilidade [169].

2.4. Proteger e promover a regeneração de ecossistemas urbanos

1. Preservar e restaurar ecossistemas urbanos de base hidrológica

2. Promover a conectividade entre os diversos espaços verdes urbanos

3. Mapear e tipificar a estrutura verde das áreas urbanas do município

1. Preservar e restaurar ecossistemas urbanos de base hidrológica

Muitas cidades instalaram-se na proximidade de grandes estuários sendo atravessadas por vários cursos de água que no processo de urbanização foram sendo desviados dos seus leitos naturais e entubados. Estes ecossistemas são a base do ciclo da água, além de filtrarem a água contaminada melhorando a sua qualidade. O restauro destes ecossistemas de base hidrológica, incluindo da vegetação ripícola das suas margens é, por isso, muito importante para o equilíbrio ecológico das cidades, para a resiliência às alterações climáticas e para aumentar a disponibilidade de água para os diversos sectores incluindo a rega.

Esta medida está, por isso, em consonância com o quadro legislativo da água em Portugal, que menciona como um dos objetivos principais "Evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água".

2. Promover a conectividade entre os diversos espaços verdes urbanos

O desenvolvimento urbano está normalmente associado a uma crescente fragmentação das manchas de vegetação natural e impermeabilização do solo. Estas alterações afetam os ciclos de regulação natural, tais como a circulação da água, de nutrientes e da biodiversidade.

Um dos principais benefícios da conectividade dos espaços verdes é a melhor gestão das águas pluviais reduzindo as inundações, a poluição das águas e facilitando ainda a recarga de aquíferos, que posteriormente podem ser usados para a rega, através de furos ou por captação direta [170]. Além disso, contribuem para a regulação do microclima urbano, diminuindo o efeito das ilhas de calor e a perda de água por evapotranspiração.



Figura 31 - Esquema de conectividade de espaços verdes da cidade de Dublin - Irlanda. Fonte: [171].

3. Mapear e tipificar a estrutura verde das áreas urbanas do município

A tipificação e mapeamento da estrutura verde em função das suas características, dimensões, usos e funções permitem um conhecimento de base sobre a qualidade e quantidade dos EVUs presentes no município [5]. Este conhecimento é fundamental para perceber, por exemplo, a quantidade e área de espaços que precisam de rega, e como devem ser regados. Por exemplo, alguns tipos de espaços verdes pelas suas características históricas ou de utilização como espaços de recreio ativo podem consumir mais água para rega enquanto outros, com um carácter de enquadramento ou sem recreio ativo, podem ser readaptados no sentido da minimização do consumo de água.

2.5. Capacitar e mudar mentalidades

1. Formar técnicos e gestores em relação a novas tecnologias

2. Promover ações de sensibilização para a problemática da escassez da água

3. Incluir avisos de sensibilização nas contas por parte da empresa fornecedora de água

4. Promover campanhas de comunicação sempre que nos espaços verdes se implementem medidas com impacto na perceção visual

5. Regulamentar a limitação do uso de água nos Espaços Verdes Públicos, em situação de escassez

1. Formar técnicos e gestores em relação a novas tecnologias

A formação e atualização de conhecimentos dos profissionais que atuam no planeamento, gestão e manutenção dos espaços verdes é fundamental para garantir uma gestão eficiente da água utilizada na rega. A formação deve ser adequada aos vários níveis de atuação e intervenção nos espaços verdes e deve cobrir todas as áreas temáticas relacionadas com a gestão da água e respetivas escalas de atuação.

Considerando a complexidade do tema é recomendado que cada tópico seja explorado em formação própria, ou seja, a formação deve ser simultaneamente diversificada (cobrir vários tópicos) e específica (alguns tópicos devem ser tratados individualmente). Entre os tópicos de formação prioritários deverão estar os relacionados com: i) fontes alternativas de água para rega; ii) novos materiais e tecnologias, sobretudo automação de sistema de rega, iii) necessidades hídricas das plantas e outras competências adaptativas. Este manual fornece algumas diretrizes, mas a formação continuada é de suma importância para fornecer conhecimento adicional e atualizado.

2. Promover ações de sensibilização para a problemática da escassez da água

A necessidade global de água potável vai sofrer um aumento na ordem dos 20 a 30 % até 2050, caso as pressões globais atuais sobre os recursos hídricos continuem. A escassez de água potável tende, por isso, também a aumentar sendo crescente a importância de equilibrar a disponibilidade dos recursos hídricos com a necessidade das comunidades [172]. A escassez da água é, deste modo, um problema do presente e para o futuro, pelo que é importante programar ações de sensibilização dos vários setores da sociedade.

Os municípios têm neste campo um papel fundamental pela maior proximidade à população residente. Esta medida está enquadrada na Lei da Água, Decreto-Lei n.º 76/2016 de 9 de novembro, "3.3 — Objetivos de gestão e governança: Promover a sensibilização e informação do público para as questões da água e incentivar uma cidadania e participação ativa" [146].



Figura 32 - Campanha de sensibilização na AMP alertando para o consumo elevado de água por pessoa/dia em Portugal. Fonte: [173].

3. Incluir avisos de sensibilização nas contas por parte da empresa fornecedora de água

As empresas fornecedoras de água em parceria com os municípios também têm um papel fundamental tanto no âmbito da gestão sustentável da água, como no potencial para sensibilizar seu público. Um exemplo de iniciativas que pode ser implementada é incluir informações de sensibilização nas contas de água dos munícipes como, por exemplo, a necessidade de manutenção sazonal de seus sistemas de rega, apelar à redução do desperdício, sinalizar a entrada em períodos de seca, ou alertar quando o munícipe ultrapassou o consumo médio [124].

Estas medidas estão também em linha com o que a Lei de Bases do Clima menciona no Artigo 52.º, alínea d) "Garantia de uma política de informação constante junto do consumidor, com vista ao aumento da perceção da água como recurso escasso e à consciencialização da necessidade de redução de consumos" e "Adoção de um sistema de be-

nefícios fiscais ou financeiros para quem demonstre poupança no consumo de água" [145].

4. Promover campanhas de comunicação sempre que nos espaços verdes se implementem medidas com impacto na perceção visual

O uso de água para a rega dos espaços verdes tem vindo a representar uma parte crescente no consumo total de água, especialmente na época estival durante a qual se torna necessário regar para satisfazer as necessidades hídricas da vegetação e garantir que esta desempenha plenamente as suas funções reguladoras.

Contudo, mudanças no paradigma do que é um espaço verde bem cuidado podem ser introduzidas gradualmente de modo a aumentar a aceitação de espaços verdes com um aspeto amarelecido no verão. Nalguns espaços, durante os meses secos, a rega deve ser direcionada para a sobrevivência das plantas e não para a qualidade visual do espaço. Para isto podem ser feitas campanhas de comunicação e sensibilização dos utilizadores.

5. Regulamentar a limitação do uso de água nos Espaços Verdes Públicos, em situação de escassez

Os municípios podem também criar diretivas ou recomendações quer de âmbito interno quer para público em geral no sentido de uma gestão mais eficiente da água em momentos de seca severa, ou em períodos que antecedem estes episódios. Por exemplo, criar um manual de boas práticas de uso da água direcionada à população, baseado neste manual e em diretivas nacionais com o Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca.

3 Cenários de aplicação de medidas para redução da água utilizada na rega de EVUs

Neste capítulo testou-se o impacto da adoção de diferentes medidas na redução da água utilizada para a rega de um jardim protótipo. Para este teste utilizou-se o Water Budget Tool, uma ferramenta de cálculo desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América, devidamente adaptada para as condições climáticas do contexto português. Todos os testes foram feitos para o mês julho, mês com menor precipitação média, dos últimos 30 anos, na área Metropolitana do Porto. O cenário base é um jardim com 1.000 m^2, localizado no município do Porto e organizado segundo o modelo de clareira (espaço de recreio aberto com revestimento herbáceo cortado regularmente, prado ou relvado), orla (espaço dominado por arbustos ou subarbustos), mata (zona de instalação de árvores) e com percursos e zona de estadia em pavimento permeável.

A partir deste cenário base construíram-se três outros cenários onde se aplicam diferentes medidas para a redução do consumo de água para a rega. As medidas implementadas foram então as seguintes: 1) otimização do sistema de rega; 2) introdução de espécies com baixas necessidades hídricas; 3) redução da área regada. As medidas foram sendo aplicadas cumulativamente, ou seja, o cenário 2 corresponde à otimização do sistema de rega; o cenário 3 demonstra a otimização do sistema de rega e a introdução de espécies com baixas necessidades hídricas; e o cenário 4 corresponde à otimização do sistema de rega, introdução de espécies com baixas necessidades hídricas e redução da área regada. Para todos os cenários foram elaboradas simulações realistas que ilustram a aplicação destas medidas.

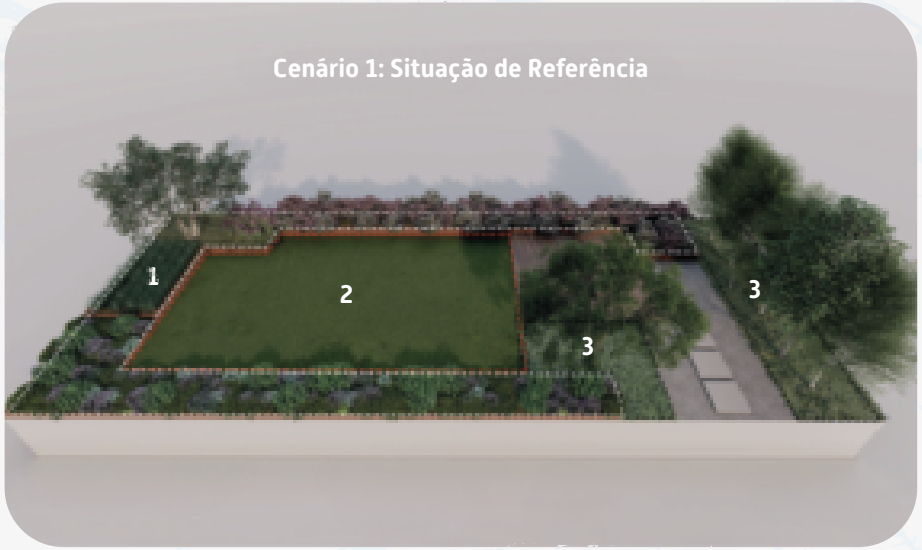
A primeira simulação representa, assim, a situação de referência e corresponde ao Cenário 1, ou seja, jardim regado com um sistema de rega standard em toda a área ocupada com vegetação (814 m^2). O teste foi feito com um sistema de rega gota a gota nos canteiros com arbustos, pulverização nos canteiros com árvores e aspersão no relvado, além da vegetação instalada ter elevadas necessidades hídricas. O consumo de água para rega previsto para o mês de julho foi de 93 m^3/mês.

A segunda simulação corresponde ao Cenário 2. O teste foi feito mantendo a área regada de 814 m^2, mas substituindo os sistemas de rega por modelos otimizados. No canteiro de arbustos manteve-se rega gota a gota, mas introduziu-se um redutor de pressão de modo a diminuir perdas e aumentar a eficiência. No relvado e áreas com árvores e arbustos instalaram-se multi jatos rotativos, que podem ter uma redução de até 30 % no consumo de água. Com a implementação destas medidas o consumo de água baixou para 83 m^3/mês.

A terceira simulação corresponde ao Cenário 3, no qual se mantém a área regada, mas, a par com a otimização do sistema de rega, se introduz vegetação com baixas necessidades hídricas (ver lista Anexa). A adoção combinada destas duas medidas resultou numa redução muito significativa no consumo de água (28 %), passando de 83 m^3/mês, para 57 m^3/mês.

A quarta simulação corresponde ao Cenário 4. Neste cenário propõe-se uma redução da área regada através de uma reconfiguração do espaço. Esta reformulação alterou a dimensão das áreas de relvado, canteiros e pavimentos permeáveis, fazendo com que a área regada diminuísse para 750 m^2. Mantendo os sistemas de rega otimizados e vegetação com baixas necessidades hídricas conseguiu-se numa redução no consumo de água de 9 m^3/mês.

Comparando o cenário de referência para o qual se estima um consumo de água para rega de 93 m^3/mês com o cenário 4, que corresponde à implementação simultânea de três medidas de otimização do consumo de água foi possível reduzir em 48 % a água utilizada para rega no mês de julho, demonstrando que pequenas alterações podem ter um efeito significativo na redução do consumo de água para rega.



Área do terreno: 1000m²
Área regada: 814m²

Consumo de água na rega (Julho)
93m³/mês

1 Rega gota a gota standard
2 Rega por aspersão standard
3 Rega por pulverização standard

-11%



Área do terreno: 1000m²
Área regada: 750m²

Consumo de água na rega (Julho)
48m³/mês

1 Rega gota a gota/regulador de pressão
2 Rega por multi jatos rotativos
3 Rega por multi jatos rotativos

-9%

Figura 33 - Simulações dos cenários de aplicação de medidas para redução da água utilizada na rega de EVUs



Área do terreno: 1000m²
Área regada: 814m²

Consumo de água na rega (Julho)
83m³/mês

1 Rega gota a gota/regulador de pressão
2 Rega por multi jatos rotativos
3 Rega por multi jatos rotativos

-28%



Área do terreno: 1000m²
Área regada: 814m²

Consumo de água na rega (Julho)
57m³/mês

1 Rega gota a gota/regulador de pressão
2 Rega por multi jatos rotativos
3 Rega por multi jatos rotativos

Figura 33 - Simulações dos cenários de aplicação de medidas para redução da água utilizada na rega de EVUs

Reduzir o consumo de água na rega é apenas a ponta do iceberg!

O mote para a realização do presente manual começou por estar focado no desenvolvimento de medidas para reduzir a rega nos espaços verdes urbanos da AMP. Contudo, ao longo da realização do estudo foi ficando claro, sobretudo através do processo de revisão de literatura, a importância de alargar o âmbito e escala de abordagem. Esta mudança de paradigma foi também identificada durante o diagnóstico dos municípios, uma vez que se identificaram lacunas ao nível do consumo e distribuição da água à escala municipal, que seriam importantes colmatar para tornar o uso de água nos espaços verdes urbanos mais eficiente.

A AMP ocupa uma posição de destaque a nível regional no desenvolvimento de estratégias direcionadas para a sustentabilidade e promoção do território. O uso eficiente da água constitui um desafio global que exige o envolvimento da sociedade civil e de todas as instituições na construção e operacionalização de respostas inovadoras. Na área de influência da Área Metropolitana do Porto estas respostas deverão, naturalmente, ser diferenciadas em função das realidades territoriais de cada município.

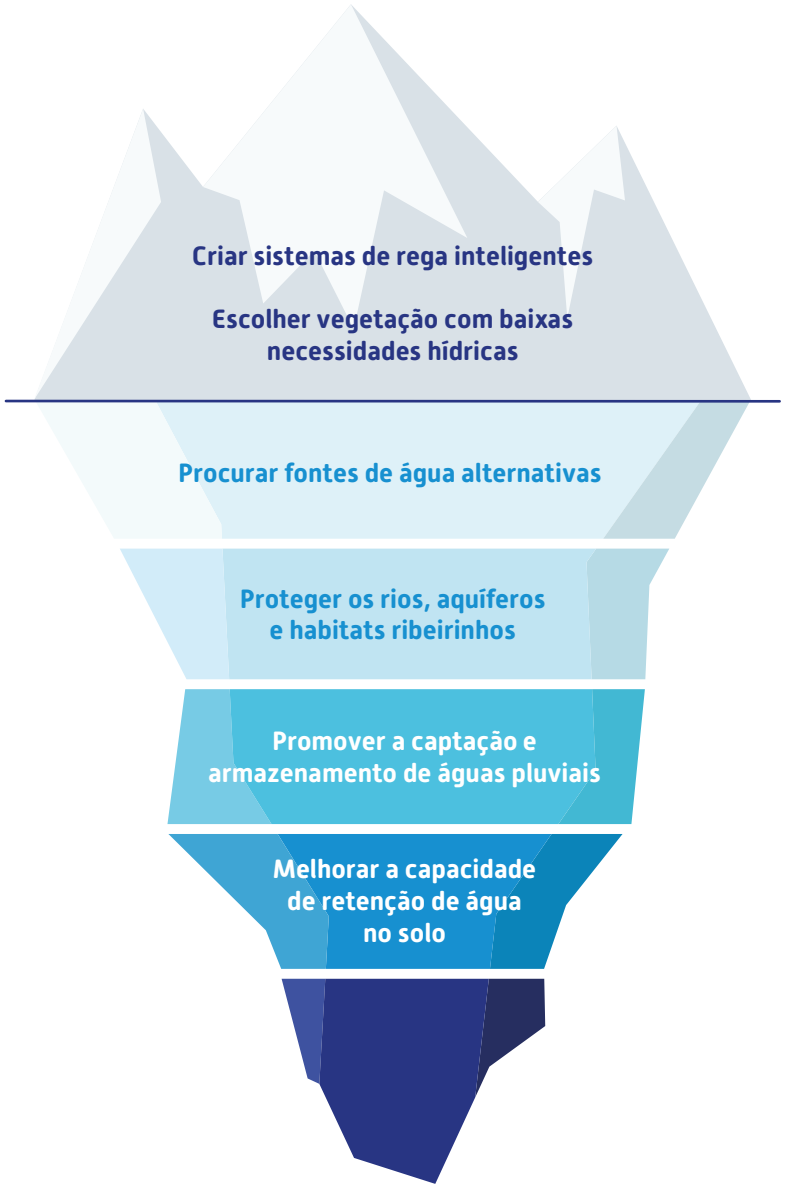


Figura 34 - A redução do consumo de água não se consegue apenas "fechando a torneira", ou através da instalação de sistemas inteligentes ou seleção de plantas tolerantes à seca, mas através da adoção simultânea de medidas com escalas e âmbitos de atuação distintos.

Glossário

Água cinzenta: água levemente contaminada, normalmente gerada por pias de quarto de banho, chuveiros e máquinas de lavar roupa. Normalmente é gerida à parte do sistema convencional que drena para a rede de esgotos, estando associada a um edifício ou sistema de economia circular da água. A água cinzenta é usada em aplicações não potáveis tais como a rega de jardins e abastecimento de água para lagos ornamentais, contudo é sempre aconselhável que seja tratada antes de ser usada em locais públicos [153].

Água dessalinizada: o termo "dessalinização" refere-se ao processo tecnológico usado para extrair água doce de água salobra ou salgada. A fonte de água bruta normalmente usada é água do mar. As centrais de dessalinização têm a desvantagem de exigir grandes quantidades de energia, por isso várias tecnologias estão sob investigação, com o objetivo de reduzir o consumo de energia [153].

Água condensada capturada: consiste na água proveniente da condensação de equipamentos de ar condicionado que é normalmente desperdiçada. Contudo, a sua captura é bastante simples, bastando uma rede hidráulica com isolamento térmico e um sistema de captação e tratamento. Assim, ao invés de lançar a água condensada na rede de esgoto, usa-se um recurso que é desperdiçado [153].

Bacia de infiltração: bacia artificial rasa projetada para infiltrar águas pluviais no aquífero subterrâneo. Serve para gerir o escoamento de águas pluviais, evitar inundações e erosão e melhorar a qualidade da água [166].

Bacia de retenção: bacia artificial projetada para reter as águas pluviais resultantes do escoamento de áreas próximas, especialmente de áreas impermeáveis, também apelidado de *wet pond*. Ao contrário das bacias de infiltração, as bacias de retenção normalmente são impermeabilizadas, o que gera lagos permanentes. Eventualmente, a bacia de retenção pode desaguar num corpo de água recetor [166].

Bacia de detenção: bacia artificial projetada para a acumulação temporária das águas de chuva, que contribui para a redução das inundações urbanas, especialmente em áreas altamente impermeabilizadas e densamente povoadas. As bacias de detenção, também designadas por lagos temporários ou bacias secas (*detention basin* ou *dry pond*) são sempre projetadas com um tubo de escoamento ou drenagem. Embora estas estruturas apresentem como principal função o amortecimento das cheias e a redução das inundações urbanas, elas podem também proporcionar a captação de sedimentos e detritos, assim como a melhoria da qualidade das águas [166, 174].

***Best management practises* (BMPs):** as melhores práticas de gestão referem-se aos elementos estruturais e não estruturais de projeto que previne, coleta, trata, transporta, armazena e reutiliza a água dentro de um sistema integrado. As BMPs estão normalmente relacionadas com a aplicação de *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) [82].

Caldeiras de árvores de biorretenção: sistemas de biorretenção aplicados às caldeiras das árvores de rua. Estes sistemas (*Street tree bio-retention pits*) tratam do escoamento de pequenos eventos de chuva, através da filtração, detenção prolongada e alguma absorção biológica de nutrientes [166].

Câmaras de armazenamento: compreende tubos perfurados de plástico ou metal, ou câmaras lineares semelhantes a tubos, que são colocadas num leito de gravilha para fornecer mais armazenamento por unidade de volume e promover a infiltração no subsolo. Várias dimensões e formatos de tubos podem ser usados para otimizar o volume de armazenamento para atender aos requisitos específicos do local [36].

Captação de água atmosférica: a captação de água atmosférica usa um dispositivo para extrair vapor de água diretamente do ar, na forma de humidade. Normalmente, este processo recorre a um material capaz de

captar a humidade do ar e posteriormente, a água é extraída por condensação ou pressurização. As versões mais modernas destes dispositivos já conseguem funcionar apenas recorrendo à energia solar, sem mais nenhum tipo de input ou custo associado [72].

Evapotranspiração (ET): corresponde à soma da evaporação da água pela superfície de solo mais a transpiração da vegetação, passando para a atmosfera no estado de vapor, sendo parte do ciclo hidrológico [131, 137].

Jardim da chuva: correspondem a áreas de depressão que recolhem a água da chuva proveniente de telhados e superfícies impermeabilizadas permitindo que se infiltre no solo ou entre no sistema de drenagem artificial em menor quantidade e com menor velocidade. Os jardins de chuva estão plantados com vegetação que suporta o encharcamento por mais de 48h, colocadas na base da depressão, e vegetação mais resistente à secura no topo. Preenchidas com uma mistura de solo de alta permeabilidade e material orgânico. Tendem a proporcionar a máxima infiltração das águas escoadas e o crescimento vegetação, controlando a quantidade e qualidade das águas advindas do escoamento superficial, através das propriedades químicas, biológicas e físicas das plantas, microorganismos e solo que compõem o sistema [174].

Low Impact Development **(LID):** trata-se de uma estratégia de desenho urbano que visa manter ou replicar o regime hidrológico pré-existente (anterior à urbanização) através de uma gestão integrada de águas pluviais que inclui a sua distribuição em microescala, instalação de áreas de retenção, redução de superfícies impermeáveis e alongamento de caminhos de fluxo e tempo de escoamento [82, 176]. Aliado a essas estratégias, o LID também procura proteger e preservar o meio ambiente, especialmente zonas sensíveis com como zonas ribeirinhas, pântanos, encostas íngremes, áreas inundáveis, florestas e solos altamente permeáveis [176].

Low Impact Urban Design and Development **(LIUDD):** é uma terminologia proposta por investigadores da Nova Zelândia, que tem por objetivo melhorar a biodiversidade urbana autóctone [177]. Está associada especificamente ao uso de plantas autóctones e preservação de espécies de aves. Os programas LID e LIUDD desenvolvem projetos urbanos alternativos e económicos que envolvem a natureza, criando comunidades e ambientes que respeitam, conservam e melhoram os processos naturais.

Natural Water Retention Measures **(NWRM):** medidas multifuncionais, propostas pela União Europeia, que visam proteger e gerir os recursos hídricos e enfrentar os desafios relacionados com a água, restaurando e mantendo os ecossistemas, bem como os recursos naturais e as características dos corpos de água, usando meios e processos naturais. O seu foco principal é preservar e aumentar a capacidade de retenção de água dos aquíferos, solos e ecossistemas com vista a melhorar seu estado [194].

Nature-based solutions: "Soluções inspiradas e suportadas pela natureza, custo-eficazes, e que, simultaneamente, fornecem benefícios ambientais, sociais e económicos ajudando a construir resiliência. Estas soluções incorporam mais natureza e características e processos naturais mais diversificados, em cidades, paisagens e ambientes marinhos, por meio de intervenções localmente adaptadas, eficientes em recursos e sistémicas. As soluções baseadas na natureza devem, portanto, beneficiar a biodiversidade e apoiar a prestação de uma variedade de serviços ecossistêmicos." [178, 179]

Necessidades hídricas das plantas: é a quantidade de água necessária para suprir as perdas por evapotranspiração de uma determinada espécie vegetal, conceito que integra a quantidade de água transpirada pela planta e evaporada a partir do solo. A intensidade da evapotranspiração das culturas depende de fatores ligados ao clima (humidade relativa do ar, exposição solar, vento e temperatura) e à própria planta (dimensão da planta, percentagem de cobertura do solo e fase do desenvolvimento vegetativo) [137].

Plantas resistentes à seca: são plantas que possuem adaptações morfológicas, fisiológicas ou genéticas que lhes permitem sobreviver e continuar o seu desenvolvimento (por exemplo, crescer, florescer e frutificar) em ambientes de baixa disponibilidade hídrica. Ou seja, são capazes de evitar a perda excessiva de água e, ao mesmo tempo, absorver e reter a água disponível de forma eficiente, recorrendo a uma série de mecanismos como: estomas pequenos ou em menor quantidade, sistemas

radiculares profundos e extensos, folhas espessas e cerosas e metabolismos especializados para condições de stress hídrico.

Plantas tolerantes à seca: são plantas que são capazes de sobreviver em condições de baixa humidade, mas não possuem mecanismos avançados de conservação de água. Em vez disso, as plantas tolerantes à seca são capazes de entrar em estado de dormência ou reduzir significativamente suas atividades metabólicas, recorrendo, por exemplo, à desfolha para sobreviver em condições anormalmente secas. Por isso, estas plantas costumam revelar sintomas de carência de água quando estão em stress hídrico, como a murchidão. A falta de água durante períodos prolongados pode ser fatal, mas após períodos curtos de seca, as plantas tolerantes conseguem retomar o seu desenvolvimento normal.

Pegada hídrica: refere-se ao *volume total de água doce utilizado para produzir os bens e serviços consumidos por uma pessoa, comunidade, país ou humanidade*. A pegada hídrica engloba duas componentes: uma relacionada com o uso direto de água (por exemplo, a água consumida diretamente por um consumidor ou produtor) e outra associada ao uso indireto, feito através da água incorporada nos produtos e serviços utilizados pelo consumidor ou produtor. A água necessária para produzir as refeições que comemos ou para fabricar as roupas que usamos é assim incorporada na pegada hídrica [8,93].

***Rain Water Harvesting* (RWH):** a captação de água da chuva é um método simples pelo qual a chuva é recolhida para uso futuro. A água da chuva recolhida pode ser armazenada, utilizada de diferentes formas ou diretamente aproveitada para fins de recarga. Com o esgotamento dos níveis das águas subterrâneas e as condições climáticas flutuantes, o RWH pode ajudar muito a mitigar esses efeitos. Captar e armazenar a água da chuva pode ajudar a reduzir as inundações urbanas e, mais importante, garantir a disponibilidade de água em zonas de escassez [97].

Recarga de aquíferos e utilização de furos: consiste na introdução de água de forma artificial para o interior de um aquífero, com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos. A recarga artificial pode igualmente ser utilizada como método de redução da carga poluente em águas com má qualidade ou controle da intrusão salina [180]. Existem dois métodos principais para efetuar uma recarga artificial de aquíferos: 1) infiltração no solo, também chamada de recarga à superfície ou recarga direta (mais adequada no caso de aquíferos freáticos) ou 2) por intermédio de furos de injeção, também chamada recarga em profundidade ou recarga indireta (mais adequada no caso de aquíferos confinados, mais profundos) [154].

Seca: em biologia vegetal, corresponde a um estado de escassez de água, considerável e de longo prazo, que resulta em danos à vegetação endémica de uma região geográfica. Como a seca é um fenómeno ambiental comum na natureza, os organismos vivos desenvolveram diferentes mecanismos para a sua sobrevivência e algumas espécies estão mais bem-adaptadas que outras.

Seca meteorológica: *associada à diminuição significativa da precipitação, em relação ao valor normal. A definição de seca meteorológica deve ser considerada como dependente da região, uma vez que as condições atmosféricas que resultam em deficiências de precipitação podem ser muito diferentes* [181].

Serviços de ecossistema: ou serviços ambientais, traduzem os benefícios que a humanidade retira dos ecossistemas e podem incluir bens materiais e/ou serviços imateriais [182]. Este conceito está diretamente relacionado com as funções dos ecossistemas e com a sua biodiversidade, da qual dependem.
Estes dividem-se em serviços de:

- ***Provisão*** (produção de alimento, fibra e madeira);
- ***Regulação*** (ciclo hidrológico, sequestro e armazenamento de carbono);
- ***Culturais*** (de recreio e lazer).

Sistemas geocelulares de gestão de água: estes sistemas são compostos por células capazes de armazenar águas pluviais e de escoamento superficial no local, para que possa ser reutilizada mais tarde, conforme necessário. Estes sistemas podem ser de infiltração ou de retenção e consistem em grades plásticas enterradas, que podem ser empilhadas

e interconectadas para obter várias formas e tamanhos. Os sistemas geocelulares podem fornecer até 95 % de espaço vazio para armazenamento de águas pluviais [183].

Sistema de rega automático: não necessita da ação humana, a rega é feita por programadores onde é pré-definido o tempo e o momento da rega, mas não leva em conta as condições climáticas. Este sistema evoluiu para o sistema de rega inteligente [137].

Sistema de rega inteligente: permite regar como, quando, e na quantidade necessária, de forma totalmente remota e automática, através de uma plataforma de gestão e de controladores de rega inteligentes no terreno. Esta solução permite ter em conta também as condições climáticas, tornando-a mais eficiente, visto que otimiza o consumo de água [40, 41, 59].

Stress hídrico: ocorre quando a água disponível no solo reduz a níveis que diminuem a absorção normal de água pelo sistema radicular das plantas, impedindo os a compensação dos gastos de água por transpiração [137]. Esta deficiência hídrica é um resultado da redução parcial ou total de aplicação de água às plantas, devido à distribuição irregular das chuvas e/ou rega ineficiente.

Sustainable (Urban) Drainage Systems **(SuDS):** sistemas sustentáveis de drenagem que têm por objetivo gerir as chuvas quando e onde elas caem, otimizando as oportunidades e os benefícios que podem ser obtidos a partir da gestão das águas superficiais [184]. Os SuDS podem ser caracterizados como práticas de gestão, estruturas de controlo e estratégias que visam drenar as águas superficiais de uma forma eficiente e sustentável que irá minimizar a poluição e evitar impactos prejudiciais sobre a biodiversidade local [185].

Sustainable Urban Water Management (SUWM): gestão sustentável de águas urbanas que envolve as áreas de abastecimento de água, drenagem urbana e tratamento de águas residuais. Baseia-se em conceitos modernos sobre o ciclo urbano da água e a urbanização sustentável (como os princípios da Associação Internacional da Água (IWA) para Cidades Sensíveis à Água, Desenho Urbano Sensível à Água, Sistemas Sustentáveis de Drenagem, etc.) [82].

Sponge cities: conceito de planejamento e desenho urbano focado na gestão sustentável da água. O objetivo é criar cidades que se comportem como "esponjas" naturais, capazes de absorver, armazenar e gerir a água de forma eficiente, especialmente em áreas urbanas propensas a inundações ou eventos climáticos extremos. As cidades esponjas incorporam uma série de tecnologias e soluções de base natural (NBS), como o uso de áreas verdes permeáveis, telhados verdes, pavimentos permeáveis, bacias de retenção e sistemas de drenagem sustentável. Essas medidas ajudam a reduzir o escoamento superficial, minimizar inundações e melhorar a qualidade da água [83].

Telhados verdes: referem-se a sistemas nos quais o telhado de um edifício é parcial ou totalmente coberto por uma camada de vegetação, o que implica a adoção de substrato de crescimento e uma membrana impermeabilizante. Também conhecidos como coberturas verdes, esta prática envolve a transformação de uma área normalmente impermeável em um espaço vegetado com vantagens ao nível da absorção e retenção da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e minimizando o risco de inundações.

Urban Water Cycle: refere-se ao processo de gestão da água em ambientes urbanos, abrangendo todas as fases desde a captação até à sua devolução ao meio ambiente. Este ciclo é crítico para garantir o fornecimento de água potável, uma gestão adequada das águas pluviais e o tratamento eficiente das águas residuais nas áreas urbanas. Sumariamente, as principais etapas deste ciclo são: Captação de Água; Tratamento; Distribuição; Consumo; Coleta de Águas Residuais; Tratamento de Águas Residuais; Gestão de Águas Pluviais; Retorno ao Meio Ambiente. A gestão eficiente do ciclo urbano da água é crucial para garantir o acesso sustentável à água potável, a prevenção de inundações, a preservação dos recursos hídricos e a proteção do meio ambiente em ambientes urbanos. Essa gestão envolve práticas de conservação, tecnologias avançadas de tratamento e considerações ambientais para promover a sustentabilidade [82].

Valas de Biorretenção: São valetas ou canais projetados para concentrar e transportar o escoamento de águas pluviais enquanto removem detritos e poluição. As valas de biorretenção também podem ser benéficas para a recarga de águas subterrâneas [166].

***Water Sensitive Urban Design* (WSUD):** abordagem de planeamento e projeto que integra o ciclo urbano da água, incluindo águas pluviais, águas subterrâneas e gestão de águas residuais e abastecimento de água, no projeto urbano para minimizar a degradação ambiental e melhorar o apelo estético e recreativo. WSUD é um termo mais usado no Oriente Médio e na Austrália e é semelhante ao desenvolvimento de baixo impacto (LID), um termo mais utilizado nos Estados Unidos [82].

Water Sensitive Cities: são cidades que adotam uma abordagem integrada e sustentável em relação à gestão da água em seus ambientes urbanos. Uma cidade sensível à água reconhece a importância vital da água em seu desenvolvimento e adota práticas que visam a sustentabilidade, resiliência e eficiência na gestão desse recurso. O conceito de cidades sensíveis à água está alinhado com a necessidade de abordagens inovadoras e sustentáveis para a gestão de recursos hídricos em ambientes urbanos, considerando os desafios crescentes associados ao crescimento populacional, urbanização e mudanças climáticas. Entre as principais características de cidades sensíveis à água referem-se [82]:

- ***Gestão Integrada da Água:*** Adoção de estratégias que consideram o ciclo completo da água, desde a captação até o descarte, de forma integrada e sustentável.
- ***Uso Eficiente e Sustentável da Água:*** Implementação de práticas e tecnologias que visam o uso eficiente da água, a conservação e a minimização do desperdício.
- ***Infraestrutura Verde:*** Integração de elementos naturais, como parques, jardins e áreas verdes, para auxiliar na gestão da água, melhorar a qualidade ambiental e promover a biodiversidade.
- ***Gestão de Águas Pluviais:*** Desenvolvimento de sistemas de drenagem urbana que minimizam inundações, promovem a infiltração da água no solo e reduzem a carga nos sistemas de tratamento de águas pluviais.
- ***Reutilização de Água:*** Implementação de sistemas de reutilização de água, como a recolha e tratamento de águas cinzentas para usos não potáveis, como irrigação de jardins ou descarga de vasos sanitários.
- ***Participação Comunitária:*** Envolvimento ativo da comunidade no processo de gestão da água, aumentando a conscientização e incentivando práticas sustentáveis.
- ***Adaptação às Mudanças Climáticas:*** Adoção de medidas que tornam a cidade mais resiliente aos desafios relacionados às mudanças climáticas, como eventos climáticos extremos e escassez de água.

Referências

1. Jellicoe G, Jellicoe S. The Landscape of Man: Shaping the Environment from Prehistory to the Present Day: Thames and Hudson; 1975.
2. Castel-Branco, Cristina (Direcção Editorial). A água nos Jardins Portugueses. Associação Portuguesa dos Jardins e Sítios Históricos. Scribe - Produções Culturais. 2010
3. Filippi O. Planting Design for Dry Gardens: Beautiful, Resilient Groundcovers for Terraces, Paved Areas, Gravel and Other Alternatives to the Lawn 2011.
4. Khansari, M., M.R. Moghtader & M. Yavari. 1998. The Persian garden: echoes of paradise. Mage Publishers Washington, DC. In Mahmoudi Farahani L., Mohamed .B., Jamei E. Persian Gardens: Meanings, Symbolism and Design. Landscape Online. 2016:46.
5. Farinha-Marques P, Fernandes C, Lameiras J, Silva S, Leal I, Guilherme F. Morfologia e Biodiversidade nos Espaços Verdes da Cidade do Porto - Livro 1: Selecção das áreas de estudo - 2ª Edição, revista e aumentada 2014.
6. Quesnel KJ, Ajami N, Marx A. Shifting landscapes: Decoupled urban irrigation and greenness patterns during severe drought. Environmental Research Letters. 2019;14(6).
7. Dayani S, Sabzalian M, Hadipour M, Eslamian S. Water Scarcity and Sustainable Urban Green Landscape. In: Saeid E, Faezeh A. E, editors. Handbook of Drought and Water Scarcity: Environmental Impacts and Analysis of Drought and Water Scarcity: CRC Press; 2017. p. 557-603.
8. Monteiro L, Cristina R, Covas D. Water and energy efficiency assessment in urban green spaces. Energies. 2021;14(17).
9. UN. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [Available from: https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/].
10. DN/Lusa. Mais de 5.000 milhões de pessoas terão problemas de acesso à água em 2050 2022 [Available from: https://www.dn.pt/internacional/mais-de-5000-milhoes-de-pessoas-terao-problemas-de-acesso-a-agua-em-2050--15402273.html].
11. Kumar P. Climate Change and Cities: Challenges Ahead. Frontiers in Sustainable Cities. 2021;3.
12. Short JR, Farmer A. Cities and Climate Change. Earth [Internet]. 2021; 2(4):[1038-45 pp.]. [Available from: https://mdpi-res.com/d_attachment/earth/earth-02-00061/article_deploy/earth-02-00061.pdf?version=1637999826].
13. Ramyar R, Ackerman A, Johnston DM. Adapting cities for climate change through urban green infrastructure planning. Cities. 2021;117:103316.
14. Koop SHA, van Leeuwen CJ. The challenges of water, waste and climate change in cities. Environment, Development and Sustainability. 2017;19(2):385-418.
15. Csete M, Horváth L. Sustainability and green development in urban policies and strategies. Applied Ecology and Environmental Research. 2012;10(2):185-94.
16. Diretiva n.º 2000/60/CE de 23 de outubro, (2000).
17. Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, (2005).
18. Lei n.º 44/2017, de 19 de Junho, (2017).
19. Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de outubro, (2008).
20. Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, (2010).
21. Lei n.º 19/2014, de 14 de abril, (2014).
22. APA. Planos de Gestão de Seca e Escassez 2021 [Available from: https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-de-seca-e-escassez].
23. Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2017, (2017).
24. GTSeca. Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca. 2017.
25. IPMA. 2017: um ano extremamente quente e extremamente seco em Portugal Continental 2017 [Available from: https://www.ipma.pt/pt/media/noticias/news.detail.jsp?f=/pt/media/noticias/arquivo/2017/balanco-clima-2017.html].
26. Oliveira AB. Portugal conta mais secas e em mais território 2023 [Available from: https://eco.sapo.pt/2023/05/10/portugal-conta-mais-secas-mais-longas-e-em-mais-territorio/].
27. AMPorto. AMP e APA assinam Plano Metropolitano para a Poupança da Água 2022 [Available from: http://portal.amp.pt/pt/noticia/598.]
28. Schleussner C-F, Menke I, Theokritoff E, Maanen Nv, Lanson A. Climate Impacts in Portugal. Climate Analytics; 2020.
29. Vidal D, Fernandes C, Viterbo L, Barros N, Maia R. Healthy Cities to Healthy People: a Grid Application to Assess the Potential of Ecosystems Services of Public Urban Green Spaces in Porto, Portugal. European Journal of Public Health. 2020;30(Supplement_2).

30. Canales-Ide F, Zubelzu S, Rodríguez-Sinobas L. Irrigation systems in smart cities coping with water scarcity: The case of valdebebas, Madrid (Spain). Journal of Environmental Management. 2019;247:187-95.

31. Qureshi AS. Challenges and prospects of using treated wastewater to manage water scarcity crises in the Gulf Cooperation Council countries. Desalination and Water Treatment. 2022;263:125-6.

32. Livesley SJ, Marchionni V, Cheung PK, Daly E, Pataki DE. Water Smart Cities Increase Irrigation to Provide Cool Refuge in a Climate Crisis. Earth's Future. 2021;9(1).

33. Bayulken B, Huisingh D, Fisher PMJ. How are nature based solutions helping in the greening of cities in the context of crises such as climate change and pandemics? A comprehensive review. Journal of Cleaner Production. 2021;288:125569.

34. Fowdar H, Payne E, Deletic A, Zhang KF, McCarthy D. Advancing the Sponge City Agenda: Evaluation of 22 plant species across a broad range of life forms for stormwater management. Ecological Engineering. 2022;175.

35. Agar JWM, Simmonds RE, Knight R, Somerville CA. Using water wisely: New, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. Hemodialysis International. 2009;13(1):32-7.

36. Veloza MAM, Dadati MC, Giordano R, Savio L. Water security: the "new normality" of informal settlements. Nature-Based Solutions as sustainable mitigation and adaptation strategies. Vitruvio-International Journal of Architectural Technology and Sustainability. 2022;7(1):62-77.

37. Cui MM, Ferreira F, Fung TK, Matos JS. Tale of Two Cities: How Nature-Based Solutions Help Create Adaptive and Resilient Urban Water Management Practices in Singapore and Lisbon. Sustainability. 2021;13(18).

38. Corbaci OL, Bayramoglu E. Drought Tolerant Landscape Design Approach Example Of Rte Campus. Fresenius Environmental Bulletin. 2021;30(11):11948-55.

39. Freitas L, Afonso MJ, Pereira A, Delerue-Matos C, Chamine HI. Assessment of sustainability of groundwater in urban areas (Porto, NW Portugal): a GIS mapping approach to evaluate vulnerability, infiltration and recharge. Environmental Earth Sciences. 2019;78(5).

40. Stolojescu-Crisan C, Butunoi BP, Crisan C. An IoT Based Smart Irrigation System. IEEE Consumer Electronics Magazine. 2022;11(3):50-8.

41. Aldegheishem A, Alrajeh N, Garcia L, Lloret J. SWAP: Smart WAter Protocol for the Irrigation of Urban Gardens in Smart Cities. IEEE Access. 2022;10:39239-47.

42. Silva S, Cardoso T, Barros P, Ribeiro H, Carvalho P, Lima SR, editors. A Flexible System for Optimising Green Spaces Irrigation2020.

43. Yuli M, Puig R, Fuentes MA, Civancik-Uslu D, Capilla M. Eco-innovation in garden irrigation tools and carbon footprint assessment. International Journal of Environmental Science and Technology. 2019;16(7):2937-50.

44. Glória A, Sebastião P, Dionísio C, Simões G, Cardoso J. Water management for sustainable irrigation systems using internet-of-things. Sensors (Switzerland). 2020;20(5).

45. Sambath M, Prasant M, Bhargav Raghava N, Jagadeesh S, editors. Iot based garden monitoring system2019.

46. Madushanki AAR, Halgamuge MN, Wirasagoda WAHS, Syed A. Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019;10(4):11-28.

47. Tabuenca B, García-Alcántara V, Gilarranz-Casado C, Barrado-Aguirre S. Fostering environmental awareness with smart IoT planters in campuses. Sensors (Switzerland). 2020;20(8).

48. Yong W, Shuaishuai L, Li L, Minzan L, Ming L, Arvanitis KG, et al., editors. Smart Sensors from Ground to Cloud and Web Intelligence2018.

49. Jariyayothin P, Jeravong-Aram K, Ratanachaijaroen N, Tantidham T, Intakot P, editors. IoT Backyard: Smart watering control system2018.

50. Ahmed MA, Gallardo JL, Zuniga MD, Pedraza MA, Carvajal G, Jara N, et al. LoRa Based IoT Platform for Remote Monitoring of Large-Scale Agriculture Farms in Chile. Sensors. 2022;22(8):2824.

51. Gloria A, Dionisio C, Simoes G, Cardoso J, Sebastiao P. Water Management for Sustainable Irrigation Systems Using Internet-of-Things. Sensors. 2020;20(5).

52. Ayaz M, Ammad-Uddin M, Sharif Z, Mansour A, Aggoune EHM. Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. IEEE Access. 2019;7:129551-83.

53. Avigal Y, Wong W, Presten M, Theis M, Aeron S, Deza A, et al. Simulating Polyculture Farming to Learn Automation Policies for Plant Diversity and Precision Irrigation. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. 2022;19(3):1352-64.

54. Caetano F, Pitarma R, Reis P, editors. Intelligent management of urban garden irrigation. 2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI); 2014 18-21 June 2014.

55. Cheema SM, Khalid M, Rehman A, Sarwar N. Plant Irrigation and Recommender System–IoT Based Digital Solution for Home Garden. 2019. p. 513-25.

56. Vaishali S, Suraj S, Vignesh G, Dhivya S, Udhayakumar S, editors. Mobile integrated smart irrigation management and monitoring system using IOT. Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2017; 2018.

57. Kwok J, Sun Y, Acm, editors. A Smart IoT-Based Irrigation System with Automated Plant Recognition using Deep Learning. 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation (ICCMS); 2018 Jan 08-10; Sydney, AUSTRALIA2017.

58. Wakim P, Mershad K, Ieee, editors. Using Internet of Things in a Learning Management System for Campus Access Control. International Conference on Computer and Applications (ICCA); 2018 Aug 25-26; Beirut, LEBANON2018.

59. Sethia A. Smart Irrigation Using IoT 2021 [Available from: https://www.skyfilabs.com/project-ideas/smart-irrigation-using-iot].

60. Hunter. MP Rotator [Available from: https://www.hunterindustries.com/pt/product/mp-rotator/eco-rotator].

61. Zeoplant. The Advantages of Zeoplant [Available from: https://www.zeoplant.com/advantages-3/].

62. Brannon-Peppas L. Recent advances on the use of biodegradable microparticles and nanoparticles in controlled drug delivery. International Journal of Pharmaceutics. 1995;116(1):1-9.

63. Ekebafe L, Ogbeifun D, Okieimen F. Polymer Applications in Agriculture. Biokemistri. 2011;23.

64. Chang L, Xu L, Liu Y, Qiu D. Superabsorbent polymers used for agricultural water retention. Polymer Testing. 2021;94:107021.

65. Zohuriaan J, Kabiri K. Superabsorbent Polymer Materials: A Review. Iranian Polymer Journal (English Edition). 2008;17.

66. 66. Zhang Z, Abidi N, Lucia L, Chabi S, Denny CT, Parajuli P, et al. Cellulose/nanocellulose superabsorbent hydrogels as a sustainable platform for materials applications: A mini-review and perspective. Carbohydrate Polymers. 2023;299:120140.

67. Sapgel. Polímero absorvente super para plantas 2023 [Available from: https://www.sapgel.com/pt/super-absorvente-polimero-para-plantas/].

68. Zontek SJ, Kostka DSJ, editors. Understanding The Different Wetting Agent Chemistries.

69. Groasis. Empower Nature. [Available from: https://www.groasis.com/en/products/stop-using-drip-irrigation-and-use-the-waterboxx-to-plant-trees-vegetables-and-bushes-with-less-water].

70. BGO. China tree watering bags 2023 [Available from: https://pt.made-in-china.com/co_bgoshop/product_Save-Water-Tree-Watering-Bags_rnrrninsg].

71. Treegator. Treegator Watering Bag 2020 [Available from: https://www.green-tech.co.uk/tree-and-planter-irrigation-systems/tree-and-plant-watering-systems/mona-tree-irrigation/treegator-watering-bag].

72. Hanikel N, Pei X, Chheda S, Lyu H, Jeong W, Sauer J, et al. Evolution of water structures in metal-organic frameworks for improved atmospheric water harvesting. Science. 2021;374(6566):454-9.

73. Fathieh F, Kalmutzki MJ, Kapustin EA, Waller PJ, Yang J, Yaghi OM. Practical water production from desert air. Science Advances. 2018;4(6):eaat3198.

74. Almassad HA, Abaza RI, Siwwan L, Al-Maythalony B, Cordova KE. Environmentally adaptive MOF-based device enables continuous self-optimizing atmospheric water harvesting. Nature Communications. 2022;13(1):4873.

75. Huang X, Qin Q, Ma Q, Wang B. Atmospheric Water Harvesting with Metal-Organic Frameworks and Their Composites: From Materials to Devices. Water [Internet]. 2022; 14(21).

76. Zero Mass Water: Why all the hate? 2020 [Available from: https://www.aquatechtrade.com/news/water-treatment/zero-mass-water-why-all-the-hateZero.]

77. XPRIZE. Meet Hydro Harvest 2017 [Available from: https://www.xprize.org/prizes/water-abundance/articles/meet-hydro-harvest].

78. WIRED. The machines harvesting fresh water from thin air 2018 [Available from: https://www.wired.co.uk/article/clean-water-desalination-xprize-finalists].

79. SOURCE. Meet the Hydropanels 2023 [Available from: https://www.source.co/how-hydropanels-work/].

80. Hiskakis M, Babou E, Briassoulis D. Experimental Processing of Biodegradable Drip Irrigation Systems—Possibilities and Limitations. Journal of Polymers and the Environment. 2011;19(4):887-907.

81. Rapisarda M, La Mantia FP, Ceraulo M, Mistretta MC, Giuffrè C, Pellegrino R, et al. Photo-Oxidative and Soil Burial Degradation of Irrigation Tubes Based on Biodegradable Polymer Blends. Polymers [Internet]. 2019; 11(9).

82. Fletcher TD, Shuster W, Hunt WF, Ashley R, Butler D, Arthur S, et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal. 2015;12(7):525-42.

83. Liu J, Gong XQ, Li LY, Chen FY, Zhang JH. Innovative design and construction of the sponge city facilities in the Chaotou Park, Talent Island, Jiangmen, China. Sustainable Cities and Society. 2021;70.

84. Barrett J, Baum-Haley M, Colein C, Davis DD, Mecham BQ, Ossa JW, et al. Landscape Irrigation: Best Management Practices. 2014.

85. Wang JM, Liu H, Chen CD, Zhang S, Guo F, Li YY. The resilience research of the plant and soil optimization design base on the habitat-site design in semiarid green space. Environmental Monitoring and Assessment. 2019;191(4).

86. Thomson G, Newman P, Hes D, Bennett J, Taylor M, Johnstone R. Nature-Positive Design

and Development: A Case Study on Regenerating Black Cockatoo Habitat in Urban Developments in Perth, Australia. Urban Science. 2022;6(3).

87. Dahan SR, Grijsen JG. Managing urban water scarcity in Morocco : summary report. Washington, D.C.; 2017.

88. Schneller AJ, Binzen GL, Cameron C, Vogel ST, Bardin I. Managing Recreation in New York's Adirondack Park: A Case Study of Public Perceptions and Preferences for Reducing User Impacts to the High Peaks Wilderness Complex. Journal of Park and Recreation Administration. 2021;39(4):63-80.

89. Stroud S, Peacock J, Hassall C. Vegetation-based ecosystem service delivery in urban landscapes: A systematic review. Basic and Applied Ecology. 2022;61:82-101.

90. Semaan M, Pearce A, editors. Making the Case for Increased Interventions on the Parcel Scale for a Holistic Water Infrastructure Management Practice. Construction Research Congress; 2018 Apr 02-04; Louisiana State Univ, Bert S Turner Dept Construct Management, New Orleans, LA2018.

91. Lin BB, Ossola A, Alberti M, Andersson E, Bai X, Dobbs C, et al. Integrating solutions to adapt cities for climate change. The Lancet Planetary Health. 2021;5(7):e479-e86.

92. Yu Y, Zhou YC, Guo ZY, van Duin B, Zhang WM. A new LID spatial allocation optimization system at neighborhood scale: Integrated SWMM with PICEA-g using MATLAB as the platform. Science of the Total Environment. 2022;831.

93. Ruiz-Pérez MR, Alba-Rodríguez MD, Marrero M. Evaluation of water footprint of urban renewal projects. Case study in Seville, Andalusia. Water Research. 2022;221:118715.

94. Cook EA. GREEN SITE DESIGN: STRATEGIES FOR STORM WATER MANAGEMENT. Journal of Green Building. 2007;2(4):46-56.

95. EPA. Water-Smart Landscapes. Start With WaterSense®. 2012.

96. Lin K, He ZW, Zhao ZJ, Chang JX, Tang KR, Qu R, et al. An eco-city design methodology for hilly areas of western China. Earth Science Informatics. 2021;14(3):1609-23.

97. Novotny V, Ahern J, Brown P. Water Centric Sustainable Communities: Planning, Retrofitting, and Building the Next Urban Environment: Wiley; 2010.

98. AMPorto. [Available from: http://portal.amp.pt/pt/].

99. Área Metropolitana do Porto 2023 [Available from: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_Metropolitana_do_Porto].

100. INE. População residente (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2021) 2021 [Available from: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0011628&selTab=tab0].

101. DGT. Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018. Relatório Técnico.: Direção-Geral do Território.; 2019.

102. APA. Plano de Gestão de Região Hidrográfica. Parte 2: Caracterização e Diagnóstico. DOURO (RH3) APA; 2016.

103. Monteiro A, Madureira H, Fonseca L, Gonçalves P. Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas. Porto: Área Metropolitana do Porto; 2018.

104. APA. Estudo: Avaliação das disponibilidades hídricas atuais e futuras e aplicação do Índice de escassez WEI+.

105. Vivas E. Contributos para a gestão de situações de seca e escassez [Available from: https://www.aprh.pt/pt/publicacoes/artigos/contributos-para-a-gestao-de-situacoes-de-seca-e-escassez/].

106. Decreto-Lei n.º 80/2015 de 14 de maio. Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial, (2015).

107. Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio. Títulos de utilização de recursos hídricos, (2007).

108. Rate AW. Formation and Properties of Urban Soils. In: Rate AW, editor. Urban Soils: Principles and Practice. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 17-52.

109. Trindade M. Uso Eficiente da Água na Rega de Espaços Verdes Urbanos de Enquadramento. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; 2016.

110. Stevenson FJ. Humus chemistry: Genesis, composition and reactions. 2 ed. New York: John Wiley & Sons; 1994.

111. Johnston AE. Soil fertility and soil organic matter. In: Wilson WS, editor. Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment. Cambridge: Royal Society of Chemistry (RSC); 1991. p. 299-314

112. Gros A, Domincuez A. Abonos. Guía Práctica de la Fertilización. 8 ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa; 1992. 450 p.

113. Mourão IdM, Brito MM. A Minha Horta é Biológica. 1ª ed: Arte Plural Edições; 2019.

114. ITPS Fa. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils; 2015.

115. Embrapa. [Available from: https://www.embrapa.br/].

116. Monteiro L, Pissarra P, Mendes M. Rega de espaços verdes urbanos com água para reutilização: o que esperar? Revista Recursos Hídricos. 2021;42:25-9.

117. Aprenda a classificar um solo quanto à sua textura [Available from: https://acientistaagricola.pt/textura-solos/].

118. Gerador de Triângulo Textural [Available from: http://www.quoos.com.br/index.php/geografia/solos/4-triangulo-textural-solos-argila-areia-silte].

119. Florestas. Solo, a "pele" do planeta que a floresta protege 2023 [Available from: https://florestas.pt/conhecer/solo-a-pele-do-planeta-que-a-floresta-protege/].

120. Teixeira CP, Fernandes CO, Ahern J, Farinha-Marques P. Plant traits database for climate change adaptation and mitigation in Northwest Portugal. Data in Brief. 2022;42:108193.

121. Cook S, Rupp L. Drought Tolerance A Database of Irrigation Requirements for Woody Plants of Northern Utah. CWEL Extension Fact Sheets. 2011;Paper 7.

122. Cruz TMCD. Abordagem fisiológica e molecular da capacidade de tolerância à secura de Jatropha curcas L.: uma planta resistente à seca. Lisboa: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências; 2010.

123. Costa AR. As Relações Hídricas Das Plantas Vasculares. Portugal.: Universidade de Évora; 2001.

124. Texas Urban Landscape Guide [Available from: http://urbanlandscapeguide.tamu.edu/].

125. New York Department of Parks Recreation, Space DTfP. High performance landscape guidelines : 21st century parks for NYC. New York: Design Trust for Public Space : City of New York, Parks & Recreation [New York]; 2010.

126. Wolff G, Sutton S. Using the Bay-Friendly Landscape Standards to Implement Low Impact Development in the San Francisco Bay Area. Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City2012. p. 1056-66.

127. Martinho Silva IR, L.; Esteves, V. Caderno de Boas Práticas - Projeto, Construção e Manutenção de Espaços Verdes. Porto: AMP; CIBIO UP; 2013.

128. Wolff G, Sutton S, editors. Using the bay-friendly landscape standards to implement low impact development in the San Francisco bay area2010.

129. Rebello JFdS, Sakamoto DG. Agricultura Sintrópica segundo Ernste Götsch: Editora Reviver; 2021.

130. District EBMU. Lawn conversion rebate 2023 [Available from: https://www.ebmud.com/water/conservation-and-rebates/rebates/lawn-conversion-rebate].

131. Rosa A. Rega das culturas / Uso eficiente da água. Faro: Direção Regional De Agricultura e Pescas do Algarve; 2019.

132. Subbaiah R. A review of models for predicting soil water dynamics during trickle irrigation. Irrigation Science. 2011;31.

133. Zhang F, Yang X-q, Yu W, Li X, Li S, Eltaif TAA, editors. Intelligent Irrigation System for Future Smart City. Resilient and Responsible Smart Cities; 2022; Cham: Springer International Publishing.

134. Dukes M. Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. Applied Engineering in Agriculture. 2006;22.

135. Designing a Yard Using Hydrozones 2023 [Available from: https://www.loveyourlandscape.org/expert-advice/eco-friendly-landscaping/hydrozoning/designing-a-yard-using-hydrozones/].

136. Keller J, Bliesner RD. Sprinkler and Trickle Irrigation. New York: Van Nostrand Reinhold; 1990.

137. Azevedo J, Gonçalves A. Manual de boas práticas em espaços verdes: Câmara Municipal de Bragança; 2010.

138. Bernardo SS, A. A.; Mantovani, E. C. . Manual de irrigação. 8 ed. Viçosa: UFV: Atual. e Ampl; 2008

139. Brandão VSC, R. A.; Pruski, F. F.; Silva, D. D. . Infiltração da água no solo. 3 ed. Viçosa: UFV2006.

140. Veloso; A, Sempiterno; C, Calouro; F, Rebelo; F, Pedra; F, Castro; IV, et al. Manual de Fertilização das culturas. INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária IP, editor2022.

141. Wesolowska M, Rymarczyk J, Góra R, Baranowski P, Sławiński C, Klimczyk M, et al. New slow-release fertilizers – economic, legal and practical aspects: a Review. International Agrophysics. 2021;35:11-24.

142. Talar-Krasa M, Wolski K, Biernacik M. Biostimulants and possibilities of their usage in grassland. Grassland Science. 2019;65(4):205-9.

143. Council DD. Pruning deciduous broadleaf trees [Available from: https://www.dover.gov.uk/Planning/Conservation/Trees/Pruning-Deciduous-Broadleaf-Trees.aspx].

144. Dubenok NN, Mayer AV, editors. Management of the technological process of irrigation of garden plants2021.

145. Lei n.º 98/2021 de 31 de dezembro, (2021).

146. Decreto-Lei n.º 76/2016 de 9 de novembro, (2016).

147. Mapeamento Digital de Solos (MDS) 2021 [Available from: https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2021/06/29/mapeamento-digital-de-solos-mds].

148. Lei n.º 31/2014, de 30 de Maio. Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo, (2014).

149. ClimaTempo. Qual a diferença entre tempo e clima? 2023 [Available from: https://www.climatempo.com.br/].

150. Pereira GM. Simulação das Perdas de Água por Evaporação e da Uniformidade de Distribuição na Irrigação por Aspersão. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1992.

151. REA. Precipitação e temperatura 2023 [Available from: https://rea.apambiente.pt/content/precipita%C3%A7%C3%A3o-e-temperatura].

152. APA. PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA. Implementação 2012 - 2020. 2012.

153. Program FEM. Best Management Practice #14: Alternative Water Sources [Available from: https://www.energy.gov/femp/best-management-practice-14-alternative-water-sources].

154. Frade JV. PENSAAR 2020. Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável. APA, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Águas de Portugal 2015.

155. Water SC. Rainwater Harvesting Systems 2023 [Available from: https://sacleanwater.com/rainwater-harvesting-systems/].

156. ECODEPUR. O que é a Economia Circular? 2023 [Available from: https://www.ecodepur.pt/empresa/economia-circular/ecodepur-contribui-para-a-criacao-de-uma-economia-circular.

157. Rodrigues S, Costa A, Cardoso J, Rodrigues R, Rodrigues S, Ruivo F, et al. Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP). 2021.

158. IDA. [Available from: https://idadesal.org/].

159. WateReuse Califórnia 2023 [Available from: https://watereuse-org.translate.goog/sections/watereuse-california/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-PT&_x_tr_pto=sc].

160. UN. UN: Recycled wastewater provides a window for Jordan to address water scarcity 2022 [Available from: https://jordan.un.org/en/175501-un-recycled-wastewater-provides-window-jordan-address-water-scarcity].

161. Smith L. Israel Leading the World in Water Recycling 2021 [Available from: https://ixwater.com/3095-2].

162. Recycled Water in Australia [Available from: http://www.recycledwater.com.au/].

163. Müller-Czygan G, Tarasyuk V, Wagner C, Wimmer M. How does digitization succeed in the municipal water sector? The waterexe4.0 meta-study identifies barriers as well as success factors, and reveals expectations for the future. Energies. 2021;14(22).

164. Rahman MA, Pawijit Y, Xu C, Moser-Reischl A, Pretzsch H, Rötzer T, et al. A comparative analysis of urban forests for storm-water management. Scientific Reports. 2023;13(1):1451.

165. Sá JHM, Chaffe PLB, Quillet MJJ. The influence of the interception process on the precipitation quality in a catchment covered by subtropical Atlantic Forest. RBRH. 2016;21.

166. Department PW. Stormwater Management Practice Guidance [Available from: https://www.pwdplanreview.org/manual/chapter-4].

167. Zhang K, Chui TFM. Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review. Science of The Total Environment. 2019;646:1219-31.

168. Ahmed AOC, Nagasawa R, Hattori K, Chongo D, Perveen MF. Analytical hierarchic process in conjunction with GIS for identification of suitable sites for water harvesting in the Oasis areas: Case study of the Oasis zone of Adrar, Northern Mauritania. Journal of Applied Sciences. 2007;7(19):2911-7.

169. Zhou ZK, Guo QZ. Drainage Alternatives for Rain Gardens on Subsoil of Low Permeability: Balance among Ponding Time, Soil Moisture, and Runoff Reduction. Journal of Sustainable Water in the Built Environment. 2022;8(3).

170. Florestas.pt. Espaços verdes: 6 razões por que são essenciais à vida nas cidades 2023 [Available from: https://florestas.pt/descobrir/espacos-verdes-6-razoes-por-que-sao-essenciais-a-vida-nas-cidades/].

171. Duvall P, Lennon M, Scott M. The 'natures' of planning: evolving conceptualizations of nature as expressed in urban planning theory and practice. European Planning Studies. 2017;26:1-22.

172. UN. Água [Available from: https://unric.org/pt/agua/].

173. AMPorto. Cada gota conta [Available from: https://cadagotacontanaamp.pt/#comunica%C3%A7%C3%A3o].

174. ABCP. Reservatórios de Detenção [Available from: https://www.solucoesparacidades.com.br/saneamento/reservatorios-de-detencao/].

175. Aviso n.º 1934/2023 - Diário da República n.º 20/2023, Série II de 2023-01-27 Regulamento.

176. Huber J. LID - Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas. University of Arkansas Community Design Center; 2010.

177. Ignatieva M, Stewart G, Meurk C. Low Impact Urban Design and Development (LIUDD): matching urban design and urban ecology. Landscape Review Volume. 2008;12.

178. Europeia C. The EU and nature-based solutions 2023 [Available from: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en].

179. Bank W. A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience. Washington, DC: World Bank; 2021.

180. Diamantino C, editor Metodologias de recarga artificial de aquíferos. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa; 2005; Évora.

181. APA. Secas 2021 [Available from: https://www.apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/secas#:~:text=Por%20seca%20meteorol%C3%B3gica%20entende-se%20a%20seca%20associada%20%C3%A0,em%20defici%C3%AAncias%20de%20precipita%C3%A7%C3%A3o%20podem%20ser%20muito%20diferentes].

182. EEA. O que são serviços dos ecossistemas? [Available from: https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2021/infograficos/o-que-sao-servicos-dos-ecossistemas/image/image_view_fullscreen].

183. (PWD) PWD. Stormwater Management Guidance Manual [Available from: https://water.phila.gov/development/stormwater-plan-review/manual/].

184. Woods Ballard B, Wilson S, Udale-Clarke H, Illman S, Scott T, Ashley R, et al. The SuDS Manual (C753). London: CIRIA; 2015.

185. Wilson S. Using SuDS close to buildings. In: CIRIA S, editor. 2012.

186. Rodrigues MS. Water Sensitive Urban Design para a criação de uma Water Sensitive City. Caso de Estudo: Quarteira: Universidade do Algarve; 2020.

187. WUCOLS. Water Use Classification of Landscape Species 2023 [Available from: https://ccuh.ucdavis.edu/wucols].

188. Moreira JM. Árvores e Arbustos em Portugal. Lisboa: Argumentum; 2008.

189. Naves Viñas FP. El Arbol En Jardineria Y Paisajismo: OMEGA; 2003.

190. PatoiloTeixeira C, Fernandes CO, Ahern J, Farinha-Marques P. Plant traits database for climate change adaptation and mitigation in Northwest Portugal. Data in Brief. 2022;42:108193.

191. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva: Sociedade Portuguesa de Botânica; 2023 [14-7-2023]. Available from: www.flora-on.pt].

192. Andresen T, Gonçalves A, Santiago A, Séneca A, Soares C, Vieira C, Almeida D, Silva E, Caldas FB, Hespanol H, Bento J, Honrado J, Torres J, Gonçalves JA, Brito JC, Carvalho LG, Pereira MJ, Curado MJ, Afonso M, Ferrand N, Alexandrino P, Alves P, Farinha Marques P, Silva V. Estrutura Ecológica da Área Metropolitana do Porto. ICETA - Instituto de Ciências e Tecnologias Agrárias e Agro-alimentares. Porto. 2004. P. 23. [Available from: https://www.campoaberto.pt/files_drupal/50espacos/documentos

193. Barbosa C. Manual para a rega de espaços verdes – estudos preparatórios. Tese de Mestrado em Arquitetura Paisagista. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2016/2017.

194. EU policy document on Natural Water Retention Measures. By the drafting team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM) [2014 Available from: https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/eu-policy-document-on-natural-water-retention-measures/11309347]

Anexo

Lista de espécies eficientes no uso da água

Todas as plantas necessitam de água para o seu desenvolvimento, mas, dependendo das suas características, a eficiência com que usam a água nos seus processos metabólicos é diferente. As plantas mais eficientes no uso da água são espécies ditas com baixas necessidades hídricas e, por isso, mais resistentes à seca. Geralmente são espécies com características facilmente identificáveis como folhas pequenas (que apresentam uma menor área superficial e maior perda de calor), folhas cerosas, pilosas, espinhosas e com coloração mais clara (acinzentadas), mas também podem ser referidas características microscópicas como estomas em cavidades e/ou concentrados na página inferior da folha. As plantas com grande eficiência no uso de água conseguem armazená-la e usá-la em situações de seca e têm menos perdas de água por transpiração. Adicionalmente, estas espécies conseguem alocar água especificamente para os locais de crescimento de novos tecidos, e, assim, canalizar uma proporção maior de água do solo para a fotossíntese e o crescimento.

Exemplos de espécies muito eficientes no uso da água são as plantas xerófitas que conseguem manter o seu desenvolvimento (crescem, florescem e produzem sementes) mesmo em momentos de seca. Distinguem-se das plantas tolerantes à secura, que recorrem a mecanismos de sobrevivência, como dormência ou desfolha, para sobreviver em condições anormalmente secas, mas precisam de humidade para retomar o seu desenvolvimento normal. Um subgrupo específico de plantas xerófitas são as plantas CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), que possuem um tipo especial de fotossíntese adaptada para economizar água em ambientes secos. Estas espécies, normalmente associadas a climas secos e áridos, minimizam a fotorrespiração e economizam água separando estas etapas no tempo, entre a noite e o dia. À noite, as plantas CAM abrem os estomas para absorver o dióxido de carbono da atmosfera e durante o dia mantêm os estomas fechados para não perder água por transpiração.

Para além das necessidades hídricas, a combinação de plantas a utilizar nos jardins, também deve ser considerada. Isto é, as plantas devem ser vistas em conjunto e agrupadas em hidrozonas, introduzindo redundância funcional no sistema e tendo cuidado em criar uma composição florística equilibrada e harmoniosa.

A lista que se apresenta tem origem na lista proposta por Barbosa [193] tendo sido complementada com informações recolhidas das seguintes fontes: Water Use Classification of Landscape Species [187], Árvores e arbustos em Portugal [188], El Árbol en jardineira y paisagismo [189], Plant traits database for climate change adaptation and mitigation in Northwest Portugal [190]. Foi também feita uma pesquisa na Flora On [191] de modo a complementar a lista com espécies nativas eficientes no uso da água. Esta lista não deve ser vista como uma lista fechada e exaustiva devendo ser encarada como lista indicativa e em construção.

Legenda:
Persistência da folha: P - perenifólia, C - caducifólia;
Exposição Solar: SP - Sol Pleno, S - Sombra, MS - Meia Sombra
Resistência à salsugem: S - Sim
Preferência por Solos: S - Secos, E - Equilibrados, BD - Bem Drenados.
Azul - espécies com restrição de uso por suscetibilidade à bactéria *Xyllela fastidiosa*
Negrito - espécies autóctones.

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Árvores							
Abies nordmanniana	Abeto-do-Cáucaso	P	15X6	SP	M		BD
Acer campestre	Bordo-comum	C	12x8	SP/MS	M		BD
Acer monspessulanum	**Zêlha**	**C**	**12x10**	**SP/MS**	**B**		**E**
Acer palmatum	Bordo-do-Japão	C	2x3	MS	M		BD
Acer platanoides	Bordo da Noruega	C	25x15	SP	M		BD
Acer pseudoplatanus	**Ácer-branco/Bordo**	**C**	**25x20**	**SP**	**M**	**S**	**BD**
Acer saccharinum	Ácer-prateado	C	25x15	MS	M		BD
Aescullus hippocastanum	Castanheiro da Índia	C	25x18	SP	M		BD
Aesculus x carnea	Castanheiro-vermelho-da-índia	C	20x14	SP	M		BD
Albizia julibrissin	Acácia-de-Constantinopla	C	6x4-6	SP	B/M		BD
Alnus glutinosa	**Amieiro-vulgar**	**C**	**25x8**	**SP**	**M**		**S**
Araucaria araucana	Araucária-do-Chile	P	25X15	SP	B	S	E
Araucaria bidwillii	Araucária-da-Queenslândia	P	45x30	SP/MS	B/M	S	BD
Araucaria heterophylla	Araucária	P	60x30	SP/MS	M	S	BD
Arecastrum romanzoffianum	Jerivá	P	20x6	SP/MS	B/M		BD
Brachychiton populneus	Perna-de-moça	C	18x8	SP/MS	B		S
Carpinus betulus	Carpa-europeia	C	25x20	SP	M		BD
Castanea sativa	**Castanheiro**	**C**	**20X15**	**SP**	**M**		**BD**
Casuarina equisetifolia	Casuarina	P	20x12	SP	B/M		BD
Catalpa bignonioides	Árvore-das-trombetas	C	10x10	SP	B/M		E
Cedrus atlantica	Cedro-do-Atlas	P	30x12	SP	B/M	S	BD
Cedrus deodara	Cedro-do-Himalaia	P	12x8	SP	B		E
Cedrus libani	Cedro-do-Líbano	P	25x18	SP	B/M		E

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Celtis australis	**Lódão-bastardo**	**C**	**20x20**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Ceratonia siliqua	**Alfarrobeira**	**P**	**12x7**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Cercis siliquastrum	Olaia	C	10x10	SP	M		BD
Chamaecyparis lawsoniana	Cipreste-de-Lawson	P	40x15	SP	M		E
Chamaerops humilis	**Palmeira-anã**	**P**	**2x5**	**SP/MS**	**B/M**	**S**	**BD**
Chorisia speciosa	Paineira-rosa	C	15x6	SP	B		BD
Cordyline australis	Fiteira	P	10x4	SP/MS	B	S	E
Corymbia ficifolia	Eucalipto-de-flor-vermelha	P	10x7	SP	B		S
Cupressocyparis leylandii	Cipreste-de-leyland	P	15x8	SP/MS	M		BD
Cupressus arizonica	Cipreste-do-Arizona	P	15x8	SP	M/B	S	BD
Cupressus lusitanica	**Cipreste-português**	**P**	**20x10**	**SP/MS**	**B**	**S**	**BD**
Cupressus macrocarpa	Cipreste-da-Califórnia	P	15x4	SP	M	S	BD
Cupressus sempervirens	Cipreste-comum	P	20x4	SP	B	S	BD
Cycas revoluta	Cicas	P	7x5	SP/MS	B		BD
Elaeagnus angustifolia	Árvore-do-paraíso	C	8x6	SP/MS	B		BD
Fagus sylvatica	Faia	C	20x5	SP	M	S	BD
Ginkgo biloba	Nogueira-do-japão	C	15x8	SP	M		BD
Gleditsia triacanthos	Espinheiro-da-virgínia	C	15x8	SP	B/M		BD
Grevillea robusta	Grevílea-robusta	P	20x10	SP	B		E
Jacaranda mimosifolia	Jacarandá	C	15x10	SP	M	N	BD
Koelreuteria paniculata	Coreutéria	C	12x10	SP	M/B		E
Lagerstroemia indica	Flor-de-Merenda	C	8x7	SP	M/B		BD
Liquidambar styraciflua	Liquidâmbar	C	30x14	SP	M		BD
Liriodendron tulipifera	Tulipeiro	C	20x10	SP	M		BD
Magnolia x soulangeana	Magnólia	C	10x6	SP/MS	M		E
Malus domestica	Macieira	C	10x8	SP	M		BD

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Melia azedarach	Cinamomo	C	13x8	SP	M/B		BD
Metrosideros excelsa	Metrosídero	P	30x12	SP	M/B	S	E
Olea europaea	**Oliveira**	**P**	**10x10**	**SP**	**MB/B**	**S**	**BD**
Phoenix canariensis	Palmeira-das-canárias	P	16x12	SP	B	S	BD
Photinia serrulata	Fotínia	P	12x10	MS	M		BD
Picea abies	Abeto do norte	P	40x15	SP	M		E
Picea pungens	Pícea-azul	P	15x5	SP	M	S	BD
Pinus halepensis	Pinheiro-de-alepo	P	30x15	SP	B		BD
Pinus pinaster	**Pinheiro-bravo**	**P**	**20x10**	**SP**	**M/B**	**S**	**BD**
Pinus pinea	**Pinheiro-manso**	**P**	**25X15**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Pinus radiata	Pinheiro-de-Monterey	P	40x25	SP	M		BD
Pinus sylvestris	**Pinheiro-da-escócia**	**P**	**35x18**	**SP**	**M**		**BD**
Platanus acerifolia	Plátano	C	30x24	SP	M		BD
Populus alba	**Choupo-branco**	**C**	**30x20**	**SP**	**M**		**E**
Populus nigra	Álamo-negro	C	30x8	SP	M	S	E
Populus tremula	**Choupo-tremedor**	**C**	**20x10**	**SP**	**M**		**E**
Prunus avium	**Cerejeira-brava**	**C**	**25x20**	**SP**	**M**		**BD**
Prunus cerasifera 'Pissardii'	Abrunheiro-dos-jardins	C	8x6	SP	M	S	E
Prunus dulcis	Amendoeira	C	8x8	SP	B		E
Prunus serrulata 'Kanzan'	Cerejeira japonesa	C	6x4	SP	M		BD
Pseudotsuga menziesii	Pseudotsuga	P	50x25	SP/MS	M		E
Pyrus calleryana 'Chanticleer'	Pereira	C	12x8	SP	M		BD
Quercus coccinea	Carvalho-vermelho	C	20x15	SP	M		BD
Quercus palustris	Carvalho-espanhol	C	10x15	SP	M		BD
Quercus robur	**Carvalho-roble**	**C**	**35x20**	**SP/MS**	**M**		**E**
Quercus rotundifolia	**Azinheira**	**P**	**25x22**	**SP**	**B**		**BD**

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Quercus rubra	Carvalho-americano	C	25x20	SP	M		BD
Quercus suber	**Sobreiro**	**P**	**15x10**	**SP/MS**	**B**		**BD**
Schinus molle	Pimenteira-bastarda	P	14x6	SP/MS	M/B		BD
Sophora japonica	Acácia-do-Japão	C	22x15	SP	M/B		BD
Thuja occidentalis	Árvore-da-vida	P	10x3	SP	M		E
Tilia cordata	Tília-de-folhas-pequenas	C	12x4	SP	M		BD
Tilia platphyllos	Tília-de-folhas-grandes	C	30x20	MS	M		BD
Tilia tomentosa	Tília-prateada	P	25x15	SP	M		E
Tilia x europaea	Tília-comum	C	30x15	SP	M		BO
Trachycarpus fortunei	Palmeeira-da-china	P	12x3	SP/MS	M/B		BO
Ulmus minor	**Ulmeiro**	**C**	**30x20**	**SP**	**B**	**S**	**BO**
Ulmus pumila	Ulmeiro-da-Sibéria	C	12x10	SP	B		E
Washingtonia robusta	Palmeira-da-califórnia	P	15x3	SP	B		E
Zelkova serrata		C	30x18	SP	M/B		BD
Arbustos							
Abelia x grandiflora	Abélia	P	1,5x1,5	SP	M	S	BD
Allium schoenoprasum	Cebolinho	C	0,5x1	SP/MS	M		E
Aloysia triphylla	Lúcia-lima	C	1,5x1,5	SP/MS	B		
Arbutus unedo	**Medronheiro**	**P**	**8x8**	**SP/MS**	**B**	**S**	**BD**
Artemisia absinthium	**Absinto**	**P/C**	**1x0,5**	**SP**	**B**		**BD**
Atriplex halimus	**Salgadeira**	**P**	**2,5x2,5**	**SP**	**MB**	**S**	**BD**
Aucuba japonica	Loureiro-do-Japão	P	3x2	SP/MS	M	S	BD
Berberis thunbergii	Uva-espim-dos-jardins	C	1,5x2	SP/MS	B		E
Buxus microphylla	Buxo-comum	P	1x1,5	SP/MS	M		E
Buxus sempervirens	**Buxo-comum**	**P**	**5x4**	**SP/MS**	**M**		**E**

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Callistemon laevis (spp.)	Escova-de-garrafa	P	5x4	SP	B	S	E
Calluna vulgaris	**Urze**	**P**	**1x1**	**SP**	**B**		**E**
Camellia japonica	Camélia	P	6x5	SP/MS	M		E
Chaenomeles japonica	Marmeleiro-do-Japão	C	1x2	SP	M		E
Choisya ternata	Laranjeira-do-México	P	2,5x2,5	SP	M		BD
Cistus albidus	**Rosêlha**	**P**	**1,5x1,2**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Cistus crispus (spp.)	**Rosêlha-pequena**	**P**	**0,5x0,9**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Cistus salviifolius	**Estevinha**	**P**	**0,6x1,5**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Coprosma repens	Planta-espelho	P	4x3	SP/MS	M	S	E
Coriandrum sativum	Coentros	C	0,5x0,5	SP/MS	M		E
Cotoneaster franchetii	Cotoneaster	P	3x3	SP/MS	B	S	BD
Cotoneaster horizontalis	Cotoneaster	C	0,7x1,5	SP	M	S	BD
Crataegus monogyna	**Pilriteiro**	**C**	**10x8**	**SP/MS**	**M**		**E**
Cuphea hyssopifolia	Falsa-erica	P	0,6x0,8	SP/MS	M		BD
Cuphea ignea	Flor-de-santo-Antonio	P	0,8x0,9	SP/MS	M		BD
Cytisus scoparius	Giesta	C	1,5x1,5	SP	B	S	BD
Diosma ericoides	Alecrim-do-Norte	P	1,5x1,5	SP/MS	M	S	BD
Echium candicans	Orgulho-da-madeira	P	3x3	SP	B	S	BD
Elaeagnus pungens	Oleagno	P	4x5	SP/MS	B	S	BD
Erica arborea	**Urze-branca**	**P**	**6x3**	**SP**	**M**		**E**
Euonymus fortunei	Evónimo-rastejante	P	0,6x5	SP/MS	M		E
Gardenia jasminoides	Gardénia	P	1,5x1,5	SP/MS	M		E
Genista triacanthos	**Genista**	**C**	**1,2x1,2**	**SP**	**B**		**BD**
Grevillea juniperina	Grevílea	P	2x1	SP	B		BD
Hebe x andersonii	Verónica	P	2x2	SP	M		

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Hibiscus rosa-sinensis	Hibisco	C	2,5x5	SP	M		BD
Hibiscus syriacus	Hibisco	C	3x2	SP	B/M	S	E
Hypericum calycinum	Hipericão	P	0,4x0,6	MS	M	S	
Ilex aquifolium	**Azevinho**	**P**	**15x4**	**SP/MS**	**B/M**	**S**	**E**
Jasminum officinale	Jasmim	C	10x10	SP/MS	B/M		E
Juniperus communis	**Zimbro**	**P**	**3x5**	**SP/MS**	**B**	**S**	**BD**
Juniperus horizontalis	Junípero-rastejante	P	0,3x3	SP	B	S	BD
Kerria japonica	Rosa-do-japão	C	2x2,5	SP/MS	M		E
Lagerstroemia indica	Flor-de-Merenda	C	7x8	SP	B/M	S	BD
Laurus nobilis	**Loureiro**	**P**	**8x12**	**SP/MS**	**B**		**BD**
Lavandula angustifolia	Alfazema	P	2x2	SP	B	S	BD
Leptospermum scoparium	Urze-de-jardim	P	3x3	SP/MS	M		BD
Ligustrum japonicum (spp.)	Ligustro-do-japão	P	10x4	SP/MS	M		BD
Ligustrum vulgare	**Alfeneiro**	**P**	**4x4**	**SP**	**M**		
Loropetalum chinensis	Loropétalo	P	2x2	SP/MS	B/M		
Mahonia aquifolium	Uva-do-Oregon	P	1x1,5	MS/S	M		E
Myrtus communis	**Mirto**	**P**	**1,5x4,5**	**PS**	**B**		**E**
Nerium oleander	**Espirradeira**	**P**	**2x5**	**PS**	**B**	**S**	
Philadelphus coronarius	Silindra	C	3x2,5	MS/S	M		E
Photinia x fraseri	Fotínia	P	5x5	SP/MS	M	S	E
Pieris japonica	Pieris-Japonesa	P	7x3	SP/MS	M		E
Pistacia lentiscus	**Lentisco-verdadeiro**	**P**	**3x3**	**SP/MS**	**MB**		**BD**
Pittosporum tobira	Pitósporo-da-China	P	8x3	SP/MS	B/M	S	E
Prunus laurocerasus	Louro-cerejo	P	7x9	SP/MS	M	S	E
Prunus lusitanica	**Azereiro**	**P**	**8x8**	**SP/MS**	**B**		**E**
Prunus spinosa	**Abrunheiro**	**C**	**3x4**	**SP**	**M**		**E**
Retama sphaerocarpa	**Piorneira**	**P**	**2x1**	**SP**	**B**		**BD**

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Rhamnus alaternus	**Aderno-bastardo**	**P**	**5x4**	**SP/MS**	**B**		**E**
Rhaphiolepis umbellata	Rafiolépis	P	2x2	PS	B/M	S	E
Rosmarinus officinalis	**Alecrim**	**P**	**1x1**	**SP**	**B**	**S**	**E**
Sambucus nigra	**Sabugueiro-negro**	**C**	**10x6**	**SP/MS**	**B**		**E**
Santolina chamaecyparissus	Santolina	P	0,6x0,6	SP	B	S	E
Satureja montana	Segurelha-das-montanhas	C	0,5x0,5	SP	B		BD
Skimmia japonica	Skimmia	P	6x6	MS	M		E
Spiraea japonica	Spireia-do-Japão	C	2x1,5	SP/MS	M		E
Syringa vulgaris	Lilás	C	5x5	SP	M		
Strelitzia reginae	Estrelícia	P	1,5x1	SP/MS	B		E
Tamarix gallica	**Tamargueira**	**C**	**3x3**	**SP**	**MB/B**		
Taxus baccata	**Teixo**	**P**	**8x8**	**SP/MS**	**M**		**BD**
Teucrium fruticans	**Sargaço-branco**	**P**	**2,5x4**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Thymus vulgaris	**Tomilho**	**P**	**0,5x0,5**	**SP**	**M**	**S**	**BD**
Trachelospermum jasminoides	Jasmim-estrelado	P	9x9	SP/MS	M		BD
Viburnum tinus	**Folhado**	**P**	**7x3**	**SP/MS**	**M**		**BD**
Vinca difformis	**Vinca**	**P**	**0,5x1,5**	**SP/MS**	**M**		**E**
Weigela florida	Veigela	P	2,5x2,5	SP/MS	M		E
Subarbustos/Herbáceas							
Acanthus mollis	Acanto	C	1,5x1,5	SP/MS	M	S	BD
Agapanthus africanus	Agapanto	P	1x0,5	SP	M	S	E
Ajuga reptans	**Erva-de-São-Lorenço**	**P**	**0,5x1**	**SP/MS**	**M**		**E**
Antirrhinum barrelieri	**Boca-de-leão**	**P**	**1x0,6**	**SP**	**B**		**BD**
Aptenia cordifolia	Rosinha-do-sol	P	0,3x?	SP	B	S	E
Argyranthemum frutescens	Margarida-de-paris	P	1x0,5	SP	M		BD

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Armeria maritima	**Estancadeira**	**P**	**0,5x0,5**	**SP**	**M**	**S**	**BD**
Asparagus aphyllus	**Espargo-bravo-maior**	**P**	**0,9x1,2**	**SP**	**B**	**S**	**BD**
Bergenia cordifolia	Bergénia	P	1x1	SP/MS	M		E
Cyclamen persicum	Ciclame	C	0,5x0,5	SP/MS	M		BD
Dianthus chinensis	Cravina	P	0,5x0,5	SP	M	S	BD
Dimorphoteca ecklonis	Margarida-do-cabo	P	0,45x?	SP	B		E
Escallonia macrantha	Escalónia	P	2,5x2,5	SP/MS	B/M		E
Euryops chrysanthemoides	Margaridinha-amarela	P	1x1	SP	B		E
Gazania rigens	Gazânia	P	0,5x0,5	SP	M	S	E
Helychrisum stoechas	**Erva-do-caril**	**P**	**0,6x1**	**SP**	**M**	**S**	**E**
Kniphofia uvaria	Lírio-tocha	P	1,5x1	SP	B/M		E
Lamium maculatum	Lâmio-maculado	P	0,5x0,5	SP/MS	M		E
Lantana camara	Lantana	P	1,5x1,5	SP	M	S	BD
Myosotis sylvatica	Não-me-esqueças	P	0,5x0,5	SP/MS	M		E
Origanum vulgare subsp. virens	Orégão	P	0,5x0,5	SP/MS	B		BD
Pelargonium odoratissimum	Malva-de-cheiro	P	0,6x0,6	SP/MS	M		E
Pelargonium peltatum	Gerânio-folha-de-hera	P	0,5x?	SP/MS	M		BD
Phillyrea angustifolia	**Lentisco**	**P**	**2,5x1,5**	**SP/MS**	**B**		**BD**
Primula acaulis	**Prímula**	**P**	**1x1**	**SP/MS**	**M**		**E**
Salvia spp	**Sálvia**	**P**	**0,6x0,6**	**SP**	**M**	**S**	**BD**
Santolina chamaecyparissus	**Santolina**	**P**	**0,5x1**	**SP**	**B**		**E**
Thulbalgia violacea	Alho-social	C	0,5x?	SP/MS	M		E
Verbena officinalis	**Verbena**	**C**	**1x1**	**SP/MS**	**M**		**E**
Vinca major	Pervinca-maior	P	0,9x?	SP/MS	M		E
Vinca minor	Pervinca-menor	P	0,15x?	SP/MS	M		E
Viola odorata	Violetas	P	0,15x?	SP/MS	M		E

Nome científico	Nome comum	Persistência da folha	Porte (m)	Exposição solar	Necessidade Hídrica	Resistência a Salsugem	Solo
Trepadeiras							
Bougainvillea glabra	Buganvília	P		SP	B		BD
Ficus pumila	Figueira-trepadeira	P		SP	M		E
Hedera helix	Hera	P		SP/MS	M		E
Jasminum nudiflorum (spp.)	Jasmim-de-Inverno	C		SP/MS	B		BD
Jasminum polyanthum	Jasmim-dos-poetas	P		SP	M		BD
Mandevilla splendens	Dipladênia	C		SP	M		E
Plumbago auriculata	Celestina-azul	P		SP	M		BD
Stephanotis floribunda	Jasmim-de-Madagáscar	P		MS	M		
Wisteria sinensis	Glicínia	C		SP	M	S	E


REPÚBLICA PORTUGUESA
AMBIENTE E AÇÃO CLIMÁTICA
FUNDO AMBIENTAL
apa
amporto
U.PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO
cada gota conta