

A gestão dos recursos hídricos no quadro da economia circular e das smart cities

Water resources management within the framework of circular economy and smart cities

Alexandre Dias Carreiro Santos Serra¹

Pedro Filipe Gonçalves Rocha²

Ireneu de Oliveira Mendes³

Catarina Fernandes Leite⁴

Resumo

O presente artigo aborda o papel imprescindível que a água desempenha enquanto recurso natural único e insubstituível, bem como da necessidade da sua correta e eficiente gestão num contexto de elevado crescimento populacional, associado a um desenvolvimento econômico com impactos já visíveis nas alterações climáticas. Desenvolveu-se uma revisão de literatura em torno das temáticas da economia circular na gestão dos recursos naturais, nomeadamente ao nível dos desafios da eficiência da água, incluindo a sua utilização e consumo sustentáveis, a otimização do consumo, bem como o aumento da produtividade e circularidade da água, de forma a compreendermos qual o papel que esta assume na gestão dos recursos hídricos. A par disso, abordamos ainda o conceito de Smart Cities, partindo do qual apresentamos um conjunto de exemplos reais da aplicação de práticas de gestão de recursos hídricos. Como principais conclusões destaca-se que existem já algumas medidas inovadoras almejando tornar a gestão dos recursos hídricos, progressivamente, mais smart, embora se reconheça que existe ainda um longo caminho no que respeita aos resultados que podem advir de uma profícua e continuada articulação colaborativa entre os diferentes agentes sociais que desempenham um papel de suma importância na implementação de políticas públicas potenciadoras de um correto uso dos recursos naturais.

Palavras-chave: Água. Desenvolvimento Sustentável. Economia Circular. *Smart Cities*.

¹ Mestre e Doutorando em Administração Público-Privada. Assistente Convidado Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. *E-mail*: alexandre.serra@fd.uc.pt

² Mestre e Doutorando em Público-Privada. Assistente Convidado da Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. *E-mail*: pedro.rocha@fd.uc.pt

³ Mestre e Doutorando em Público-Privada. Professor Auxiliar Convidado IS CSP – Universidade de Lisboa e Assistente Convidado Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. *E-mail*: ireneu.mendes@fd.uc.pt

⁴ Licenciada em Administração Público-Privada pela Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. *E-mail*: fernandesleitecatarina@gmail.com

Abstract

This article addresses the essential role that water plays as a unique and irreplaceable natural resource, as well as the need for its correct and efficient management in a context of high population growth, associated with economic development with already visible impacts on climate change. A literature review was carried out on the themes of the circular economy in the management of natural resources, particularly in terms of the challenges of water efficiency, including its sustainable use and consumption, the optimisation of consumption, as well as increasing productivity and the circularity of water, in order to understand the role, it plays in the management of water resources. At the same time, we look at the concept of Smart Cities, from which we present a series of real-life examples of the application of water management practices. The main conclusions are that there are already some innovative measures aimed at making the management of water resources progressively smarter, although we recognise that there is still a long way to go in terms of the results that can come from a fruitful and continuous collaboration between the different societal agents who play an extremely important role in implementing public policies that encourage the correct use of natural resources.

Keywords: Water. Sustainable Development. Circular Economy. Smart Cities.

Data de submissão: 02 de outubro de 2023

Data de aprovação: 28 de fevereiro de 2024

INTRODUÇÃO

A água – recurso natural único e insubstituível – desempenha um papel vital e crucial no nosso cotidiano. A má gestão e o desperdício deste recurso potencializarão a criação de uma situação catastrófica para as gerações futuras (KALIMUTHU; PONRAJ; CHRISTY JACKSON, 2020). Atualmente, uma das grandes preocupações mundiais está na garantia de uma correta e eficiente gestão da água, especialmente no contexto de um constante e progressivo crescimento populacional, desenvolvimento econômico e a forte possibilidade de escassez de água, situação que tem sido cada vez mais frequente com as alterações climáticas (FIGUEIREDO; ESTEVES; CABRITA, 2021). Nos últimos anos, os fenômenos de inundações extremas, a necessidade de reabilitação de rios e a perspectiva de mudanças globais aumentaram a consciência de que novas estratégias de gestão da água podem ser necessárias nos próximos anos para garantir o uso sustentável do sistema de água ao longo do século XXI (HAASNoot et al., 2011).

A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que haja um decréscimo da disponibilidade de água urbana de aproximadamente 10% até 2050, como consequência das alterações climáticas, que têm gerado diversos desafios para a sociedade atual. As soluções ditas convencionais de infraestrutura hídrica começam a ser cada vez mais insuficientes e, portanto, é fundamental para o desenvolvimento sustentável que estejam sujeitas a transformações e adaptações, tendo sempre como foco uma gestão eficiente da água (FIGUEIREDO; ESTEVES; CABRITA, 2021).

O Planeta Terra possui grande parte da sua superfície coberta por água, o recurso que sustenta a vida humana, fundamento da vida, das sociedades e das economias. A importância global deste recurso vital não se tem, no entanto, refletido adequadamente na atenção política e financeira – numa perspectiva de investimento – dedicada ao tema em muitas partes do mundo. Como resultado encontramos desigualdades no acesso a recursos hídricos e serviços relacionados com a água, levando à sua utilização ineficiente e insustentável e à degradação dos abastecimentos de água, desafiando o cumprimento de quase todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (COSTA; SILVA, 1994).

Inserido nesta problemática surge-nos ainda outra situação alarmante: a da grande discrepância entre a oferta e a procura de água potável, que se afigura como outro problema de gestão urbana que urge resolver (LEE; HANCOCK; HU, 2014). À semelhança desta situação, há ainda

O Planeta Terra possui grande parte da sua superfície coberta por água, o recurso que sustenta a vida humana, fundamento da vida, das sociedades e das economias.

O presente artigo procura desenvolver uma reflexão sobre as metodologias e as abordagens atuais à gestão de recursos hídricos.

outra igualmente preocupante, ao nível dos sistemas de tratamento de águas residuais. Nestes, quando o fluxo de água residual de entrada é maior que a capacidade da planta, o sistema torna-se insuficiente (LEE; HANCOCK; HU, 2014). Desta forma, são várias as abordagens que podemos tomar de forma a valorizarmos a água enquanto recurso, tendo sempre em conta as diferentes dimensões do utilizador, bem como as diferentes perspectivas.

Num primeiro momento, temos os critérios de valorização dos recursos hídricos e do ambiente que se concentram principalmente na quantificação dos impactos e benefícios económicos do abastecimento de água, purificação e outros serviços do ecossistema, valorizando as infraestruturas hídricas – nesta, presta-se mais um tipo de análise custo-benefício. Já num segundo momento, temos a valorização do abastecimento de água e saneamento que está estreitamente relacionada com os benefícios que estes serviços trazem aos cidadãos, incluindo a melhoria da saúde e das condições de vida (UNITED NATIONS, 2021).

Para além disso, outro aspeto relevante, que não deve ser ignorado, diz respeito ao valor da água para a agricultura, indústria e energia, onde facilmente se avalia através de *inputs* e *outputs* económicos, podendo incluir a quantificação dos retornos económicos, bem como outros benefícios, tal como o emprego. Algo que também é de salientar diz respeito à natureza, muitas vezes intangível, de alguns valores socioculturais atribuídos à água, que desafiam regularmente qualquer tentativa de quantificação, mas que, no entanto, podem ser considerados entre os seus valores mais elevados. Estas são, evidentemente, simplificações excessivas. A realidade atual tem mostrado ser muito mais complexa. O principal desafio é consolidar as diferentes abordagens e métodos de avaliação da água em múltiplas dimensões e perspectivas para conseguir uma melhor gestão dos recursos hídricos (UNITED NATIONS, 2021).

O presente artigo procura desenvolver uma reflexão sobre as metodologias e as abordagens atuais à gestão de recursos hídricos, na construção do caminho da eficiência hídrica, à semelhança do que foi feito com a eficiência energética, tendo como ponto de partida a análise dos desafios existentes e relacionando esta temática com as temáticas da Economia Circular e das *Smart Cities*.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 O PROBLEMA DO USO DA ÁGUA

Não obstante imperfeitas, as atuais ferramentas e metodologias para valorizar a água são frequentemente mal utilizadas. A Economia é talvez a disciplina que tem a maior utilidade nas avaliações e, devido a isso, a sua aplicação melhorou em algumas abordagens, nomeadamente, no que diz respeito ao ambiente. Para ser mais eficaz, a Economia deve ter o mais amplo dos âmbitos e não se deve limitar a avaliações baseadas em valores monetários ou abordagens baseadas no mercado, mas sim incluir análises de todos os custos e benefícios em jogo, incluindo os que estão escondidos ou invisíveis (SAUVÉ et al., 2021).

Por mais complexa que seja a avaliação da água – numa perspetiva da sua qualidade – esta continua a ser um passo absolutamente necessário para enfrentar os desafios relacionados com a sua gestão em todo o mundo. De acordo com o National Oceanic and Atmospheric Administration (2022), melhorar a compreensão do ciclo da água tanto à escala global como à escala local é a chave para aprimorar questões como a nossa capacidade de previsão do tempo, clima, recursos hídricos e saúde do ecossistema. O estado atual dos recursos hídricos evidencia a necessidade de melhorar a sua gestão. Reconhecer, medir e expressar o valor da água, e incorporá-la em tomadas de decisão, é fundamental para alcançar recursos hídricos sustentáveis e equitativos para a sua gestão e cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas para 2030 – Agenda para o Desenvolvimento Sustentável.

A incapacidade de valorizar totalmente a água em todas as suas diferentes utilizações é considerada uma causa raiz, ou um sintoma, do abandono político da água e da sua má gestão. Com demasiada frequência, o valor da água, ou o seu conjunto completo de valores múltiplos, não é um fator de destaque nas tomadas de decisão (SAUVÉ et al., 2021). Embora o termo “valor” e o processo de “avaliação” estejam bem definidos, existem várias visões e perspetivas diferentes do que “valor” significa especificamente para vários grupos de utilizadores e partes interessadas (UNITED NATIONS, 2021). Existem também diferentes métodos para calcular o valor e diferentes métricas para o expressar. As diferenças na forma como a água é valorizada não ocorrem apenas entre as partes

A incapacidade de valorizar totalmente a água em todas as suas diferentes utilizações é considerada uma causa raiz, ou um sintoma, do abandono político da água e da sua má gestão.

interessadas, mas são generalizadas dentro deles. Estas perspectivas divergentes sobre o valor da água e as melhores formas de o calcular e, conseqüentemente, expressar, associadas a um conhecimento limitado do recurso real, apresentam uma paisagem desafiante para melhorias rápidas na valorização da água. É, por exemplo, desconexo da realidade qualquer tentativa de comparação quantitativa do valor da água para uso doméstico, com o direito humano à água, e o valor de manter fluxos para preservar a biodiversidade (SAUVÉ et al., 2021).

Nenhuma destas perspectivas devem ser sacrificadas. Antes, todas devem ser igualmente tidas em conta na construção de metodologias de avaliação coerentes. A contabilidade econômica tradicional, muitas vezes vista como um meio fundamental para informar as decisões políticas, tende a limitar os valores da água à forma como a maioria dos outros produtos são valorizados – utilizando o preço registrado ou custos da água quando ocorrem transações econômicas. No entanto, no caso da água, não existe uma relação clara entre o seu preço e o seu valor (UNITED NATIONS, 2021). O preço da água é fixo, o que significa que os consumidores são cobrados pela sua utilização. O preço reflete frequentemente as tentativas de recuperação de custos e não o valor entregue. Porém, no que diz respeito à avaliação, a economia continua a ter um valor altamente relevante, poderoso e influente, ainda que a sua aplicação precise de ser mais abrangente (SAUVÉ et al., 2021). Contudo, os diferentes valores da água precisam de ser conciliados e incorporados no planeamento sistemático e inclusivo dos processos de tomada de decisão.

O caminho a seguir, portanto, será o de desenvolver mais abordagens comuns para avaliação, sempre que possível, mas também para dar prioridade a melhores abordagens para comparar, contrastar e fundir valores diferentes, e incorporar conclusões justas e equitativas numa política melhorada e planeamento (SAUVÉ et al., 2021). A situação atual é consideravelmente preocupante sendo que o território português se encontra em risco de escassez de água até 2040. São, inclusive, inúmeras as zonas do país onde se fazem sentir os efeitos da seca sazonal (DIAS; CORREIA, 2020). Para uma melhor compreensão do panorama nacional, é necessário analisar os dados estatísticos no que diz respeito aos padrões de consumo por setor: agrícola, urbano, industrial e turismo, bem como relativos ao desperdício agrícola, urbano e industrial. Estes são os setores que utilizam a água, naturalmente para efeitos diferentes e em quantidades também muito diferentes, mas em todos eles, o acesso à água é fundamental para a subsistência da sua atividade econômica bem como das comunidades que dela dependem.

O setor agrícola é e continuará a ser, de longe, o maior consumidor global de água.

As atividades econômicas na Europa utilizam, em média, 243.000 hectômetros cúbicos de água/ano, de acordo com o índice de escassez de água da EEA (2018). Note-se que embora a maior parte desta água seja restituída ao meio ambiente, é muitas vezes restituída com impurezas ou poluentes, incluindo químicos perigosos. Ao analisar o setor que utiliza a maior quantidade de água, concluímos que este depende de região para região. No sul da Europa, verifica-se que o setor da Agricultura é o maior consumidor de água, por outro lado, na Europa Ocidental e Oriental, o arrefecimento na produção de energia é responsável pela maior pressão sobre os recursos hídricos. No Norte da Europa, o maior consumidor de água é a indústria transformadora (EEA, 2018).

A produção agrícola depende fortemente da disponibilidade de água. O setor agrícola é responsável por cerca de 40% do consumo total de água utilizado por ano na Europa. A European Environment Agency (EEA) indicou num relatório que se tem assistido a uma certa redução das pressões, graças a ganhos de eficiência na utilização dos recursos. Desde 1990, a utilização de água na agricultura ao nível da União Europeia (UE) diminuiu 28%, registando-se diminuições de 10% no excesso de azoto e de 20% na concentração de nitratos nos rios desde 2000. Apesar do notável caminho percorrido pelo setor em matéria de melhoria de eficiência, as pressões mantêm-se a níveis insustentáveis (EEA, 2018).

O setor agrícola é e continuará a ser, de longe, o maior consumidor global de água. A agricultura irrigada responde a cerca de 70% do consumo total de água doce em todo o mundo (MCNABB, 2019). A produção de energia também utiliza uma grande quantidade de água, representando cerca de 28% do consumo anual de água. A água é utilizada predominantemente para o arrefecimento em centrais nucleares e centrais elétricas alimentadas a combustíveis fósseis. É também utilizada para produzir energia hidroelétrica como um consumo não consumptivo. A indústria extrativa e a indústria transformadora são responsáveis por 18% da utilização de água, seguindo-se o uso urbano, que representa cerca de 12%, sendo, em média, fornecidos 144 litros de água por pessoa, por dia, às famílias da Europa (EEA, 2018).

É perante estes desafios que importa convocar e discutir a temática da Economia Circular. Este conceito, que tem evoluído ao longo do tempo, prossegue um objetivo-chave: manter o valor das reservas, seja capital natural, humano, cultural, financeiro ou manufacturado, sempre numa perspetiva de longo prazo (STAHEL, 2019).

1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR

Um dos conceitos mais centrais à temática do desenvolvimento sustentável é aquele da economia circular. Componente essencial – manifestação, por um lado, e ferramenta, por outro – de uma visão sustentável da economia, a noção de economia circular obteve significativo destaque não apenas na indústria (VELENTURF et al., 2019; SILVA et al., 2021) como também no âmbito da gestão dos recursos naturais de forma mais ampla (INGRAO et al., 2018).

A economia circular surge em oposição direta à ideia de economia linear, entendida como uma economia de desperdício (TAELMAN et al., 2018), baseada na abundância e disponibilidade de recursos e na capacidade ilimitada de gerar resíduos (PUNTILLO et al., 2021). Enquanto a economia linear segue o modelo *take-make-consume-dispose* (PUNTILLO et al., 2021) – ou simplesmente *take-make-dispose* (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; MERLI; PREZIOSI; ACAMPORA, 2018; HARTLEY; VAN SANTEN; KIRCHHERR, 2020) – a economia circular adota o modelo *make-use-return* (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013), caracterizado pela reintrodução dos resíduos no sistema. Mais do que um sistema sustentável, a economia circular, segundo Geissdoerfer et al. (2017), é um sistema regenerativo, no qual o *design* duradouro, a preocupação com a manutenção e a reparação, a reutilização, e, em última instância, a reciclagem fecham o círculo dos materiais e da energia.

Para o efeito, assenta a economia circular numa ação tripartida, identificada por Geissdoerfer et al. (2017, p. 3) quando define a economia circular como “um sistema regenerativo no qual a entrada e o desperdício de recursos, as emissões e a dissipação de energia são minimizados pelo desacelerar, fechar e estreitar dos ciclos dos materiais e da energia”, algo também notado por Esmaelian et al. (2018). Já Hartley, Van Santen e Kirchherr (2020) afirmam que uma alteração de paradigma que assuma a economia circular como política de ação implica mudanças nos diferentes momentos da vida dos recursos e produtos: 1. *design* e produção; 2. uso e consumo; 3. fim de vida; 4. recirculação dos recursos.

Contrariamente à economia linear, a economia circular assenta no reconhecimento dos limites da natureza e da necessidade de imitar a mesma nos seus processos biológicos naturais, propondo uma atuação com foco na eficiência dos recursos (PUNTILLO et al., 2021). Tal atitude significa a substituição do modelo de negócio tradicional (em que se gera valor lucrando da venda de produtos terminados) por modelos negócios em que o lucro é gerado pelo fluxo dos materiais e produtos ao longo do tempo (PUNTILLO et al., 2021), numa economia circular.

A grande alteração movida pela transição da economia linear para a economia circular é, exatamente, a devolução dos materiais a fases anteriores dos processos naturais ou de fabrico. Numa perspetiva de promoção da sustentabilidade, procura-se extrair a maior utilidade, e, conseqüentemente, o maior valor dos bens e equipamentos utilizados (COMISSÃO EUROPEIA, 2014).

No centro da economia circular está, pois, a ideia de eficiência, que se estende da otimização do *design* às soluções para o fim de vida do produto (SEHNEM et al., 2021). Ultrapassando as limitações dos esforços do desenvolvimento sustentável – muitas vezes focados principalmente nos problemas ambientais – o conceito de economia circular tem o mérito de cobrir igualmente os aspetos sociais e econômicos da sustentabilidade (ESMAELIAN et al., 2018). De fato, independentemente da definição adotada, surgem como objetivos da economia circular, simultaneamente, a sustentabilidade ambiental, a prosperidade econômica e a equidade social (HARTLEY; VAN SANTEN; KIRCHHERR, 2020).

Apesar de constituir hoje, tanto na indústria como na atuação pública, uma prioridade das políticas de sustentabilidade, a implementação da economia circular enquanto novo modelo de ação continua a sofrer de várias limitações. Além da força dos comportamentos estabelecidos, da inadequação das infraestruturas e de modelos empresariais desadequados (COMISSÃO EUROPEIA, 2014), de fatores culturais das organizações e de enviesamentos psicológicos individuais (HARTLEY; VAN SANTEN; KIRCHHERR, 2020), as tecnologias existentes continuam a constituir um entrave ao avanço de soluções circulares, deixando as economias reféns do modelo linear (COMISSÃO EUROPEIA, 2014).

Em boa verdade, a aceitação que a economia circular encontrou no discurso político e acadêmico não encontra ainda reflexo nos dados mundiais sobre a circularidade. É feliz, nesse sentido, a expressão de Hartley, Van Santen e Kirchherr (2020), para os quais o modelo linear continua “*baked in*” (isto é, continua intrínseco) na economia, justificando os dados apresentados no *Circularity Gap Report* (CIRCLE ECONOMY, 2019), segundo o qual a economia global é de apenas 9% circular, valor que sobe para uns ainda escassos 12% na Europa. Apesar de tudo a economia circular continua – pelo seu impacto na indústria e no debate político, onde encontrou amplo acolhimento – a constituir importante elemento na estratégia mundial para o desenvolvimento sustentável (BELMONTE-UREÑA et al., 2021).

O desafio da comunidade científica e dos profissionais constitui verter as principais ideias associadas a este conceito em soluções práticas para a água.

1.3 O DESAFIO NA IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS E POLÍTICAS PÚBLICAS QUE PROMOVAM A EFICIÊNCIA HÍDRICA – EXEMPLOS AO NÍVEL TERRITORIAL

As atividades das organizações públicas são, muitas vezes, consideradas tanto como marcos regulatórios para atividades de inovação ou como fornecedores mais ou menos passivos de *inputs* para a inovação do setor privado ou ainda como receptores e utilizadores de produtos inovadores gerados pelo setor privado (CORREIA; MENDES; BILHIM, 2019). É num quadro de mudança constante e de crescente exigência por partes dos diferentes agentes sociais que a Administração Pública deve atuar de forma concertada, com recurso a uma ação que tenha como base uma abordagem colaborativa, sendo para tal necessário um maior esforço de colaboração entre os diferentes atores sociais, visando uma mais eficiente e de maior qualidade provisão de um serviço que vá ao encontro das mutantes exigências da comunidade e que aporte valor à ação pública (CORREIA; MENDES; BILHIM, 2019).

Assim, e no que a gestão dos recursos hídricos respeita, os níveis central, supramunicipal e local em que se desdobra a atividade governativa devem posicionar-se como agentes potenciadores de inovação em torno destas temáticas, através da criação de mecanismos de colaboração flexível que permita a construção de bases legais que possam ir ao encontro das reais e técnicas particularidades que a gestão da água exige. Nesse seguimento, não bastará para o sucesso deste processo a criação de disposições legais esperando que estas possam ser implementadas automaticamente em todo o território, uma vez que a dimensão “*locus*” apresenta virtudes e vicissitudes que devem ser consideradas por parte dos agentes governativos e colaborativos que operam de forma mais próxima e direta, junto da realidade e que, por esse motivo, estão mais habilitados a monitorizarem um conjunto de ação e programas que estejam incluídos num conjunto mais lato e vasto de políticas públicas no âmbito da gestão hídrica.

Tendo em conta as inúmeras particularidades da água, naturalmente, os desafios são muitos. Quando falamos em eficiência hídrica, referimo-nos, também, ao uso e consumo de água. Assim, há que fazer uma utilização sustentável da água aumentando a sua produtividade e circularidade e otimizando o seu consumo, isto é, de forma a assegurar que há um menor consumo, mas com qualidade e conforto na sua utilização, nomeadamente através do uso de novas tecnologias.

Um exemplo relevante é o da cidade de Guimarães. A nível local verificam-se, em Guimarães, vários desafios que se têm vindo a provar transversais, entre eles as perdas de água e a contaminação de recursos hídricos. Para além disso, também se verifica uma falta de gestão e monitorização dos sistemas de água. Destacamos ainda outros dois desafios: em primeiro lugar, e porque o dinheiro é sempre um fator de relevo, há que referir que ao tratamento das águas estão associados elevados custos; de seguida, deve referir-se que o fator humano também assume um grande destaque nos desafios relativos a uma melhor gestão de recursos hídricos, dado que no que diz respeito ao consumo há uma grande falta de poupança de água, quer por falta de conscientização e sensibilização, quer pela utilização de equipamentos antigos e pouco eficientes.

Apesar de todos estes desafios, nota-se uma preocupação pela temática neste município, estando em vigor algumas medidas de relevo, como, por exemplo, o Plano de Redução de Afluências indevidas nas redes de drenagem (2020-2025) e o “CApt²- Circularidade da Água, por todos e para todos” uma iniciativa de destaque no panorama nacional que nasceu de uma candidatura no âmbito da Iniciativa Nacional Cidades Circulares (InC2), da Direção Geral do Território na área temática do Ciclo Urbano da Água. Este projeto agrega uma rede de municípios: Águeda, Lagoa (Açores), Loulé, Mértola, Oeiras, Oliveira de Frades, Ponte de Sor e Guimarães, por via do Laboratório da Paisagem enquanto parceiro-líder (MENDES, 2014).

A um nível mais prático destacam-se as Modernizações de Eficiência Hídrica Estadual, a redução da frequência de lavagens dos arruamentos, praças, parques de estacionamento e mercados, bem como a redução do horário dos sistemas de rega. Estes constituem apenas alguns exemplos de atuação, mas, no fundo, muitas soluções passam por comportamentos humanos no quotidiano. Outras tantas podem estar relacionadas com equipamentos e dispositivos de consumo mais eficientes, edifícios residenciais e municipais com certificação hídrica por forma a monitorizar consumos hídricos, infraestruturas de transporte e abastecimento mais eficientes e sustentáveis.

Noutro campo, uma solução pode passar por um planeamento estratégico que tenha em conta o paisagismo projetado para o uso eficiente da água através de uma seleção pensada e adequada de plantas, bem como uma menor utilização de água no que diz respeito à irrigação. Há ainda um número considerável de casos concretos de boas práticas, tanto em nível nacional como internacional que merecem referência.

Numa perspetiva nacional, podemos observar alguns exemplos no QUADRO 1, de políticas que já foram implementadas nesse sentido.

QUADRO 1 – Exemplos de práticas implementadas no âmbito da gestão dos recursos hídricos em Portugal

Cidades	Políticas Implementadas
Águeda	Implementação de redutores de caudal.
Oeiras	Implementação de sistema de telegestão e controle remoto de regas em tempo real.
Porto Santo	Central Dessalinizadora de Porto Santo — Unidades de Osmose Inversa.
Portimão	Tecnologia LoRaWAN, que permite a centralização e controle remoto do consumo da água nos jardins públicos de forma inteligente e eficiente.
Guimarães	Complexo de Piscinas de Guimarães — medidas para a reutilização de água que não se encontra nas condições da sua função inicial, mas que pode ser utilizada noutras circunstâncias em que o seu nível de pureza é aceitável.

FONTE: Os autores (2024)

O caso de Porto Santo é particularmente interessante. Tratando-se de uma ilha onde a escassez de água é acentuada, a dessalinização revelou ser uma ótima alternativa, mostrando-se mesmo essencial nos dias de hoje para a garantia do abastecimento no território em causa. A dessalinização surge como uma opção para a garantia do abastecimento potável.

Para além disso, trata-se mesmo de um exemplo inédito em Portugal, já que as autoridades reconheceram a necessidade de existência de uma boa fonte de água potável para abastecer os 5.171 cidadãos da ilha, bem como para o potencial turístico que esta ilha tem. Assim, o Governo Regional da Madeira, esforçou-se por obter uma fonte adicional de água potável, de forma a cobrir algumas épocas sazonais, especialmente no verão. Desta forma, estabeleceram-se dois objetivos principais: o primeiro focava-se em obter a dessalinização de água com o menor custo possível por m³; já o segundo tinha como foco a montagem de um sistema para dessalinizar essa água. A planta é composta por quatro unidades independentes com uma produção diária de 125 m³ por cada unidade, das quais três unidades são alimentadas por bombas de alta pressão equipadas com eletromotores e uma unidade bomba de alta pressão equipada com uma hidroturbina (HOETING, 1982).

Numa outra perspectiva – a do panorama internacional – damos destaque aos seguintes exemplos de cidades a nível mundial, onde também foram implementadas algumas medidas ao nível da gestão dos recursos hídricos.

QUADRO 2 – Práticas implementadas no âmbito da gestão dos recursos hídricos ao nível internacional

Cidades	Práticas Implementadas
Lafayette, EUA	Oferece compensações monetárias, após verificação, aos proprietários que troquem relvados por espécies mais resilientes.
Castle Rock, EUA	Fornecer uma lista de plantas com baixo consumo de água.
Berlim, Alemanha	Go Spontaneous – um programa de regeneração da vegetação em substituição de relvados.

FONTE: Os autores (2024)

No próximo ponto, abordaremos a relevância que as *Smart Cities* constituem no quadro da gestão dos recursos hídricos, de forma a explicar a relação existente entre as medidas “*smart*” acima aplicadas e o mote que o conceito de *Smart City* deu para a elaboração e aplicação das mesmas.

1.4. O PAPEL DAS SMART CITIES

O papel que as *Smart Cities*, também denominadas na comunidade científica de cidades inteligentes, tem desempenhado a este nível, tem sido de grande importância. O conceito de *Smart Cities* está intimamente relacionado com o desenvolvimento sustentável, baseando-se no aperfeiçoamento do investimento social, do capital humano, das comunicações, e da infraestrutura, promovendo uma sinergia entre estes elementos de inovação e a sua incorporação na comunidade (DURAN; PEREZ, 2015). Na verdade, a procura por um planeta mais sustentável e, com isso, por comunidades mais sustentáveis no seu quotidiano afirma-se como um dos grandes objetivos de qualquer *Smart City*. Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos está estritamente relacionada com as *Smart Cities*, desempenhando, cada vez mais, uma maior relevância neste tipo de projetos cívicos. Mais, o potencial de otimização oferecido pelas cidades inteligentes, interconectando serviços e fornecendo informações em tempo real torna-se uma mais-valia fundamental para as cidades e para os seus cidadãos (CORREIA et al., 2024).

Assim, é necessário que os componentes fundamentais de uma *Smart City* estejam em sintonia com os objetivos estratégicos da comunidade (NAM; PARDO, 2011). Atualmente, alcançar estes objetivos estratégicos tem-se tornado cada vez mais viável muito graças à disponibilidade de tecnologias de ponta que estão a transformar o paradigma das cidades, o funcionamento dos serviços e o comportamento dos utentes, como se verifica ao nível das energias renováveis, dos sistemas de transporte inovadores e das TIC (CASINI, 2017). O termo *Smart City* foi, nos seus primórdios, associado à importância que as novas tecnologias têm (ou poderão ter) na superação dos desafios locais, agregando, posteriormente, o capital humano e as questões ambientais (CHOURABI et al., 2012; CASINI, 2017).

Desta forma, as cidades têm caminhado para um novo paradigma: o das redes inteligentes de água. Este consiste essencialmente na implementação de um esquema único de gestão de água, que integra vários tipos de tecnologias de informação e comunicação (TIC). Este tipo de solução é visto como promissor para a resolução dos recentes problemas críticos globais da água (LEE; HANCOCK; HU, 2014).

Um paradigma que se tem vindo a verificar e que necessita de uma rápida alteração está intimamente relacionado com o fato de as cidades com mais pressões sociais, ambientais e financeiras serem aquelas onde foram encontrados piores desempenhos de gestão de água. Contudo, podemos observar que Singapura é visto como um dos grandes exemplos a este nível, já que se destaca como líder mundial, no que à conservação de água e gestão circular de água urbana respeita. As principais prioridades observadas nesta cidade asiática foi a escassez de água, desperdício de água, risco de inundação e calor, tratamento de afluentes e recolha e reciclagem de resíduos sólidos (RAHMASARY et al., 2019). Podemos então concluir que as *Smart Cities* estão envolvidas no mais moderno modelo de gestão pública e de governança com o intuito de garantir e proporcionar melhores resultados para os cidadãos no futuro (MADEIRA GUIMARAES; MENDES, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a recolha e análise bibliográfica realizada, conseguimos perceber que se torna cada vez mais premente realizar uma gestão eficiente dos recursos hídricos. A água potável, além de ser um bem essencial ao ser humano está cada vez mais escasso. Assim, importa otimizar o seu uso de forma a tirar o melhor proveito possível para a população.

No processo de otimização do uso da água releva, como pudemos constatar, o conceito de economia circular. A perspetiva da economia circular como “um sistema regenerativo no qual a entrada e o desperdício de recursos, as emissões e a dissipação de energia são minimizados pelo desacelerar, fechar e estreitar dos ciclos dos materiais e da energia” (GEISSDOERFER et al., 2017) oferece importantes lições aos decisores políticos sobre como lidar com o problema da água.

Tal como verificamos nos exemplos referidos, observamos que algumas medidas inovadoras têm sido implementadas no globo terrestre, com vista a tornar a gestão dos recursos hídricos, progressivamente, mais *smart*. Na verdade, e conforme o que temos observado as cidades inteligentes têm sido e serão, cada vez mais, uma “aposta” da maioria dos países, uma vez que constituem exemplos sustentáveis que pretendem perdurar no futuro (OLIVEIRA; MENDES; SERRA, 2023). No nosso ponto de vista, serão estes modelos *smart* que darão o mote para que possamos combater da melhor forma a problemática da falta de água e dos gastos desmesurados que se têm verificado ao longo das últimas décadas.

Com vista a novas oportunidades de investigação futura, seria bastante relevante e pertinente proceder a uma análise comparativa numa perspetiva europeia e, posteriormente, mundial, ao nível das medidas que têm, paulatinamente, sido implementadas nos países, com vista a compreender qual foi o impacto que estas tiveram e perceber quais as que obtiveram resultados mais proveitosos, podendo, desta forma, proceder a uma adoção destas medidas e devida adequação de território para território.

REFERÊNCIAS

- BELMONTE-UREÑA, L. J. et al. Circular economy, degrowth and green growth as pathways for research on sustainable development goals: a global analysis and future agenda. **Ecological Economics**, v. 185, abr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107050>
- BRANDÃO, M.; JOIA, L. A. A influência do contexto na implantação de um projeto de cidade inteligente: o caso cidade inteligente Búzios. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 6, p. 1125-1154, 2018. <https://doi.org/10.1590/0034-761220170133>
- CASINI, M. Green technology for smart cities. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 83, n. 1, 2017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/83/1/012014>
- CHOURABI, H. et al. Understanding smart cities: an integrative framework. In HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 45., 2012, Maui. **Proceedings [...]**, p. 2289-2297, 2012. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.615>
- CIRCLE ECONOMY. **The circularity gap report**. 2019. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/ad6e59_ce56b655bc4f67ad7b5ceb5d59f45c.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.
- COMISSÃO EUROPEIA. **Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das regiões**. Para uma economia circular: programa para acabar com os resíduos na Europa. 2014. Disponível em: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398R(01)&from=EN). Acesso em: 15 abr. 2024.
- CORREIA, P. M. A. R.; MENDES, I. O.; BILHIM, J. A. F. A importância da colaboração e cooperação como fator potenciador da nova governação ao nível local: uma análise comparada. **Lex Humana**, v. 11, n. 1, p. 110-128, 2019.
- CORREIA, P. M. A. R. et al. The challenges of artificial intelligence in public administration in the framework of smart cities: reflections and legal issues. **Social Sciences**, v. 13, n. 2, p. 75, 2024. <https://doi.org/10.3390/socsci13020075>
- COSTA, J. S.; SILVA, M. M. C. A gestão dos recursos hídricos em Portugal. **Estudos de Economia**, v. 24, n. 3, p. 251-272, 1994.
- DIAS, F.; CORREIA, C. **O uso da água em Portugal olhar**: compreender e actuar com os protagonistas chave. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2020.

DURAN, J.; PÉREZ, V. Smart, innovative and sustainable cities for the future income: Caracas city. In CENTRAL AMERICAN AND PANAMA CONVENTION — CONCAPAN, 35., 2015, Tegucigalpa. **Proceedings [...]**, IEEE, 2015. <https://doi.org/10.1109/CONCAPAN.2015.7428474>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition.** 2013. v. 1. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ESMAELIAN, B. et al. The future of waste management in smart and sustainable cities: a review and concept paper. **Waste Management**, v. 81, p. 177-195, nov. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.047>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY — EEA. Water use in Europe — Quantity and quality face big challenges. 30 ago. 2018. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014>. Acesso em: 03 maio 2024.

FIGUEIREDO, I.; ESTEVES, P.; CABRITA, P. Water wise: a digital water solution for smart cities and water management entities. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 897-904, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.245>

GEISSDOERFER, M. et al. The circular economy: a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 114, p. 11-32, fev. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

HAASNOOT, M. et al. A method to develop sustainable water management strategies for an uncertain future. **Sustainable Development**, v. 19, n. 6, p. 369-381, 2011. <https://doi.org/10.1002/sd.438>

HARTLEY, K.; VAN SANTEN, R.; KIRCHHERR, J. Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, abr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104634>

HOETING, W. A. G. Seawater reverse osmosis with energy recovery. **Desalination**, v. 40, p. 357-361, 1982.

INGRAO, C. et al. Food waste recovery into energy in a circular economy perspective: A comprehensive review of aspects related to plant operation and environmental assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 869-892, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.267>

KALIMUTHU, M.; PONRAJ, A. S.; CHRISTY JACKSON, J. Water management and metering system for smart cities. **Int. J. Sci. Technol. Res.**, v. 9, n. 4, p. 1367-1372, abr. 2020.

LEE, J. H.; HANCOCK, M. G.; HU, M. C. Towards an effective framework for building smart cities: lessons from Seoul and San Francisco. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 89, p. 80-99, nov. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.033>

MADEIRA, G. D. S.; GUIMARÃES, T.; MENDES, L. D. S. Construindo governança eletrônica de cidades: um modelo de implementação de soluções para inovação e otimização da gestão pública. **Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa**, v. 16, n. 2, p. 55-71, 2017. <https://doi.org/10.12660/rgplp.v16n2.2017.78382>

MCNABB, D. E. Agriculture and inefficient water use. In MCNABB, D. E. **Global pathways to water sustainability**. Cham: Palgrave Macmillan, 2019. p. 99-115. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04085-7_7

MENDES, I. O.; CORREIA, P. M. A. R.; SERRA, A. D. C. S. Da smart governance às smart cities: reflexões comparativas sobre o caminho trilhado e o futuro desejado com base no exemplo de duas cidades portuguesas. **Revista Estudo & Debate**, v. 28, n. 3, 2021.

MENDES, J. **Master plan para a promoção do Ave Capital Verde Europeia**. Parte II – Áreas De Indicadores – Gestão Da Água. Ave: Comunidade Intermunicipal do Ave, 2014.

MERLI, R.; PREZIOSI, M.; ACAMPORA, A. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 703-722, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>

NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing Smart City with dimensions of technology, people, and institutions. In ANNUAL INTERNATIONAL DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH CONFERENCE: DIGITAL GOVERNMENT INNOVATION IN CHALLENGING, 12., 2011, College Park, MD. **Proceedings [...]**, p. 282-291, 2011.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION — NOAA. **Water cycle**. [s.l.]: NOAA, 2022.

OLIVEIRA, F. P.; MENDES, I. O.; SERRA, A. D. C. S. As cidades como hubs territoriais inteligentes. Evolução, benchmark e futuro – o estudo de caso de Masdar. **Lex Humana**, v. 14, n. 1, p. 51-65, 2023.

PUNTILLO, P. et al. Reevaluating waste as a resource under a circular economy approach from a system perspective: Findings from a case study. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 2, p. 968-984, fev. 2021. <https://doi.org/10.1002/bse.2664>

RAHMASARY, A. N. et al. Overcoming the Challenges of Water, Waste and Climate Change in Asian Cities. **Environmental Management**, v. 63, n. 4, p. 520-535, fev. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01137-y>

SAUVÉ, S. et al. Circular economy of water: Tackling quantity, quality and footprint of water. **Environmental Development**, v. 39, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100651>

SEHNEM, S. et al. Food waste management: an analysis from the circular economy perspective. **Environmental Quality Management**, v. 31, n. 1, p. 59-72, 2021. <https://doi.org/10.1002/tqem.21717>

SILVA, V. U. et al. Circular vs. linear economy of building materials: a case study for particleboards made of recycled wood and biopolymer vs. conventional particleboards. **Construction and Building Materials**, v. 285, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122906>

STAHEL, W. R. **The circular economy: a user's guide**. London: Routledge, 2019. <https://doi.org/10.4324/9780429259203>

TAEELMAN, S. E. et al. A holistic sustainability framework for waste management in European cities: concept development. **Sustainability, Switzerland**, v. 10, n. 7, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10072184>

UNITED NATIONS. **The United Nations world water development report 2021: Valuing Water**. Paris: Unesco, 2021.

VELENTURF, A. P. M. et al. Circular economy and the matter of integrated resources. **Science of the Total Environment**, v. 689, p. 963-969, nov. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.449>