



Departamento de
Engenharia Civil
e Arquitectura



Handwritten signature

Relatório Final

Pós-Doutoramento em Engenharia Civil

Políticas públicas, planos estratégicos e tecnologias aplicadas de gestão da água e saneamento de águas residuais em Portugal, Brasil e União Europeia: estudo comparativo

Doutor Sanderson Alberto Medeiros Leitão

Agosto de 2022

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. OBJETIVOS | 8 |
| 3. METODOLOGIA | 9 |
| 4. ANÁLISE COMPARATIVA SOBRE AS DIVERSAS POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO DA ÁGUA E DE SANEAMENTO NO BRASIL E EM ALGUNS PAÍSES DA UNIÃO EUROPEIA | 10 |
| 4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA | 10 |
| 4.2 ABUNDÂNCIA OU PENÚRIA? | 13 |
| 4.3 SITUAÇÃO NO BRASIL | 16 |
| 4.4 SITUAÇÃO NA EUROPA | 24 |
| 4.5. UM OLHAR SOBRE POLÍTICAS DE GESTÃO DA ÁGUA E DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS | 29 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES..... | 34 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 38 |
| AGRADECIMENTOS | 47 |

1. Introdução

Neste relatório dá-se conta do trabalho de investigação realizado no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade da Beira Interior (UBI), e nas unidades de investigação GeoBioTec e FibEnTech, ambas sediadas na UBI, sob a supervisão científica do Professor Doutor António João Carvalho de Albuquerque, desenvolvido entre 1 de outubro de 2021 e 31 de agosto de 2022, no âmbito do projeto de Pós-Doutoramento em Engenharia Civil, intitulado *“Políticas públicas, planos estratégicos e tecnologias aplicadas de gestão da água e saneamento de águas residuais em Portugal, Brasil e União Europeia: estudo comparativo”*. Na proposta de projeto de investigação aprovada pretendia-se, portanto, investigar políticas públicas, planos estratégicos e tecnologias aplicadas de saneamento de águas residuais nas regiões mencionadas. Apesar de, no referido projeto, ter-se previsto igualmente uma abordagem a aspetos relativos ao saneamento de águas residuais, no decorrer da pesquisa, percebeu-se ser mais pertinente o estudo comparativo evoluir de forma a privilegiar aspetos de gestão da água relacionados a questões emergentes atuais, como a crise de água, escassez hídrica, secas e reutilização da água que afligem tanto a Europa quanto o Brasil e que impactam fortemente os seus ecossistemas, economias, as suas sociedades como um todo.

De acordo com o projeto de investigação apresentado, o investigador deveria elaborar documentos sobre as matérias estudadas, bem como participar em eventos técnico-científicos, que seguidamente se resumem:

- i.) Elaboração do presente relatório final sobre a investigação desenvolvida;
- ii.) Participação em eventos técnico-científicos: participou no *1st International FibEnTech Congress (FibEnTech21) - New Opportunities for Fibrous Materials in the Ecological Transition*, realizado em Covilhã entre 9 e 10 de dezembro de 2021; participará oportunamente em outro

evento técnico-científico para apresentar os resultados da sua investigação de pós-doutoramento; e

iii.) Elaboração, como autor ou co-autor, de três trabalhos submetidos a conferências, periódicos científicos ou livros:

1. Co-autor do artigo *“Opportunities for Microalgae-Bacteria Consortium Application to the Treatment of Effluents Generated in Fiber-Waste-Based Recycling Processes.”*, publicado nos Anais da 1st International FibEnTech Congress (FibEnTech21) - *New Opportunities for Fibrous Materials in the Ecological Transition*;
2. Co-autor de artigo submetido em livro: *“Avaliação do potencial de reúso de águas residuais tratadas no bairro de palha sé e no aeroporto internacional da cidade da praia, Cabo Verde”*. Editora Publicar, Rio de Janeiro, Brasil, 2022; e,
3. Artigo submetido à revista Water (editora MDPI): *“Water crisis: an overview of its impacts on a multi-regional context”*.

Apesar dos vários desafios e obstáculos ocorridos por razões alheias, quer ao pós-doutorando, quer ao seu supervisor científico/orientador - como as limitações impostas pela pandemia da COVID-19 e os efeitos da Guerra da Ucrânia que impactam fortemente toda a Europa - o trabalho de investigação foi devidamente concluído.

Na sequência, apresentam-se os resultados que emanaram do estudo, a partir da revisão da literatura considerada e apresentada na proposta de projeto, que foi aprofundada e complementada durante a investigação.

A água - em quantidade suficiente e com qualidade - é indispensável a todas as atividades humanas, produtivas ou não, nos seus múltiplos usos: consumo humano, dessedentação de animais, saúde, agricultura, indústria, geração de energia, transporte, lazer e recreação, diluição de esgotos e efluentes, dentre outros.

Diversos estudos revelam que esse bem essencial à vida é cada vez mais escasso

em várias partes do mundo, no Brasil, em Portugal assim como em muitos países da União Europeia. Nessa perspectiva, Zal & al. (2017) definiram que a escassez de água é a falta de recursos hídricos disponíveis suficientes para atender às necessidades de água dentro de uma região; envolve além da escassez, *stress* ou déficit hídrico e pode levar à crise hídrica.

Considerando o exposto, a nossa abordagem de pesquisa sobre as questões mais emergentes e hodiernas que envolvem a gestão da água no Brasil e na União Europeia destaca os impactos da crise hídrica nas duas regiões. Com efeito, a escassez de água e as crises dela decorrentes ocorrem de forma cada vez mais frequente afetando os sistemas hídricos, os ecossistemas, as sociedades. Essas ameaças persistentes exigem ações preventivas e políticas de gestão de água adequadas para enfrentar esses desafios com governança e tecnologias inovadoras apropriadas.

Dentro dessa ótica, estudos efetuados por diversos autores mostram que tanto países de regiões desenvolvidas quanto em desenvolvimento estão a sofrer pressões significativas em seus sistemas hídricos (Europa, 2007; FAO, 2003; Leitão, S. A. M.; & McAllister, M. L., 2010). Durante o século passado, os usos excessivos de água e as retiradas intensivas reduziram muito a disponibilidade de água doce e afetaram sua sustentabilidade a longo prazo. O crescimento constante da população mundial, juntamente com o consumo excessivo de água, assinalam que esse padrão de demanda de água pode continuar em uma perspectiva de longo prazo.

É igualmente reconhecido por muitos cientistas (Leitão, 2008; Leitão, 2009; Olivo & Ishiki, 2015; Sivakumar, 2011; Tundisi, 2008) que esta situação tem vindo a criar um sentimento de escassez de água que evolui para crise hídrica. No entanto, é pertinente salientar que uma generalização da situação não deve ser feita visto que a disponibilidade de água doce varia entre as regiões do mundo. Existem fatores-chave envolvidos na questão e que devem ser levados em consideração, como disponibilidade e demanda hídrica, políticas de gestão da água, tratamento e qualidade da água, eficiência hídrica, impactos das

alterações climáticas, nível local de desenvolvimento económico e humano, nível de consciencialização em relação à água e educação ambiental, entre outros. Assim, os impactos da escassez e da crise hídrica podem diferir de região para região e de país para país.

No que concerne ao saneamento, trata-se seguramente de um dos desafios mais prementes, sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil - [entenda-se que serviços de saneamento, no geral, compreendem o abastecimento de água, tratamento de esgotos, destinação das águas pluviais nas cidades e resíduos sólidos urbanos - este último não fez parte do escopo desta investigação].

No caso do Brasil, historicamente, a universalização de acesso aos serviços de água e esgoto tem sido marcada pelo défice e a insuficiência da sua oferta. Esses serviços deveriam ser vistos, em todos os países, como metas prioritárias das políticas públicas, uma vez que possuem impactos diretos na saúde pública, na economia, no ambiente e na cidadania.

Os tomadores de decisão de vários países têm sofrido pressões socioambientais crescentes desde há muitos anos, por parte de diversos setores da sociedade, para a criação ou modernização de políticas públicas nacionais, regionais e/ou estratégias de gestão de recursos hídricos e de saneamento, que, aliás, já existem no Brasil, em Portugal e em outros países da União Europeia.

Assim sendo, foi pertinente investigar, com o uso de ferramentas atualizadas, as políticas e estratégias de gestão de água desses países, suas abordagens, alcances, progressos, instrumentos e tecnologias aplicadas, as inovações introduzidas para melhoria dessa governança, da garantia de segurança hídrica e enfrentamento de crises hídricas, do bem-estar da sociedade e da saúde do ambiente.

A realização dos estudos dessas políticas e situações em Portugal, no Brasil e em outros países da União Europeia poderá contribuir, seguramente, com novos

conhecimentos sobre as questões investigadas, cujos resultados estarão ao alcance tanto dos tomadores de decisão, quanto dos gestores públicos e de toda a sociedade civil.

2. Objetivos

No âmbito do projeto de investigação, pretendeu-se pesquisar e elaborar um estudo comparativo sobre as diversas políticas e estratégias de gestão da água e de saneamento, tendo como base as práticas, legislação e recomendações existentes no Brasil e em alguns países da União Europeia ao salientar questões atuais e emergentes que abrangem aquelas relacionadas com a crise hídrica, e desvendar as suas diferentes dinâmicas.

Para tanto, pretendeu-se utilizar recursos de ferramentas de busca, leitura e análise de bibliografia nacional e internacional disponíveis sobre o tema, assim como realização de eventuais visitas, entrevistas e encontros presenciais e/ou virtuais em instituições públicas, privadas e seus respectivos agentes qualificados; e elaborar pesquisa com análise crítica dentro do escopo acima definido.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo, buscou-se utilizar uma metodologia de abordagem ampliada da gestão da água, de forma integrada, com destaque para questões hodiernas, de enfrentamento de crises causadas pela sua escassez, da garantia à segurança hídrica bem como do alcance e da amplitude do saneamento, dos desafios, dos avanços e das implicações para o desenvolvimento das regiões em estudo. Procurou-se desvendar as múltiplas dimensões dos valores ambientais, políticos, administrativos, socioeconômicos, éticos, normativos, entre outros, incorporados na gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos e na abordagem das questões abrangidas pelo estudo. Na condução do trabalho, utilizaram-se as seguintes estratégias:

- i. Pesquisar, buscar, ler e analisar artigos científicos, livros e capítulos de livros, documentos oficiais e legislação nacional, internacional e de organismos multilaterais sobre gestão de recursos hídricos, sua governança e políticas e instrumentos de saneamento, tendo como foco suas questões mais emergentes e atuais, material este obtido em sítios eletrônicos, bibliotecas, universidades, centros de pesquisas, órgãos de governos, eventuais entrevistas presenciais ou remotas com informantes qualificados dos países abrangidos neste estudo;
- ii. Pesquisar, selecionar, analisar e comparar exemplos de políticas públicas de gestão da água, de saneamento, no âmbito da problemática definida nesta investigação, as suas respectivas abordagens, práticas, recomendações e propostas nos países delimitados no estudo.

Janet
AL

4. Análise comparativa sobre as diversas políticas e estratégias de gestão da água e de saneamento no Brasil e em alguns países da União Europeia

4.1 Análise bibliométrica

As referências utilizadas neste trabalho foram feitas em três das principais bases de dados para análise bibliométrica de dados, para título, resumo e palavras-chave: *Google Scholar*, *Scopus* e *Web of Science*. A busca foi realizada utilizando a língua inglesa - por abranger uma quantidade mais significativa de trabalhos que na língua portuguesa - e os operadores Booleanos E/OU, palavras-chave truncadas da seguinte forma: “water crisis*” E “Brazil*” OU “water crisis*” E “Portugal*” OU “water crisis*” E “Spain*” OU “water crisis*” E “Italy*” OU “water crisis*” E “Poland*” OU “water crisis*” E “Europe*”. A busca resultou em 17.000; 55; e 265 trabalhos científicos, para as bases de dados *Google Scholar*, *Scopus* e *Web of Science*, respectivamente.

Os documentos da *Scopus* foram selecionados para obter uma visão geral da literatura e fazer uma análise estatística sobre os dados coletados. As principais disciplinas são: Ciências Ambientais (32,4%), Ciências Sociais (17,6%) e Ciências da Terra e Planetárias (12,7%), seguidas de Ciências Agrárias e Biológicas (7,8%) e Engenharias (7,8%). A Figura 1 mostra esses dados. As bases *Google Scholar* e *Web of Science* seguem o mesmo padrão de porcentagem.

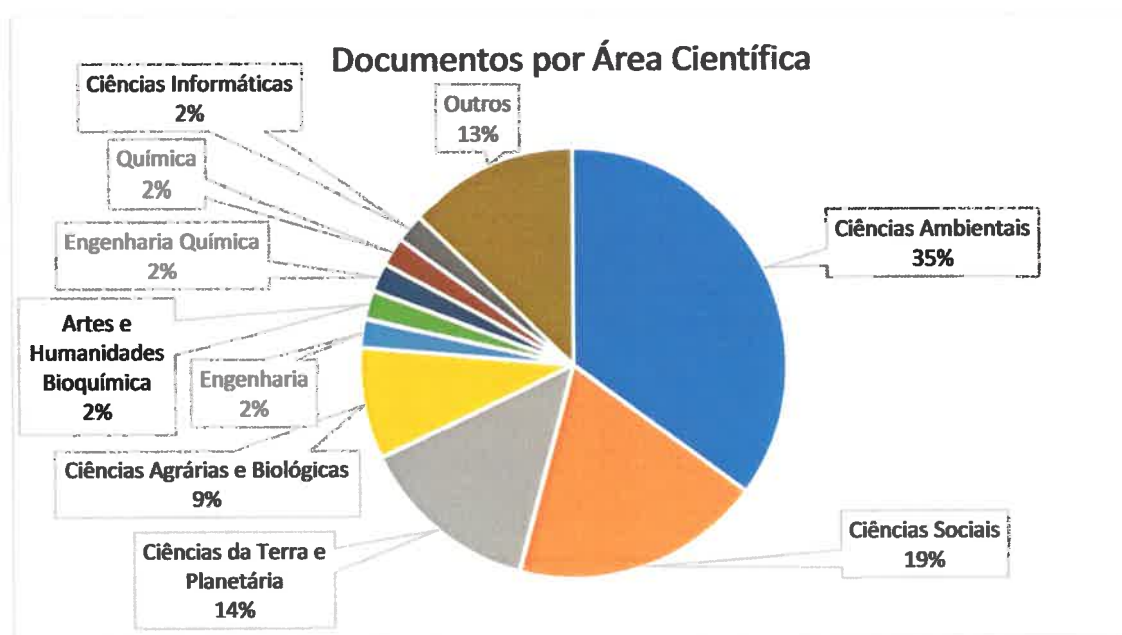


Figura 1. Documentos por área científica

Handwritten signature in purple ink.

A Figura 2 explicita os documentos analisados por tipologia de publicação, em que a maioria (61,8%) são Artigos Publicados, seguidos de Capítulos de Livros (14,5%), de Trabalhos de Conferência (9,1%), de Livros (7,3%) e de Revisão Bibliográfica (7,3%). Este trabalho, como uma visão geral, pode ser relacionado à Revisão Bibliográfica entre principais tipos de documentos, o que demonstra a importância afim de se aumentar a contribuição para o tema. A *Google Scholar* e a *Web of Science* também seguem o mesmo padrão percentual.

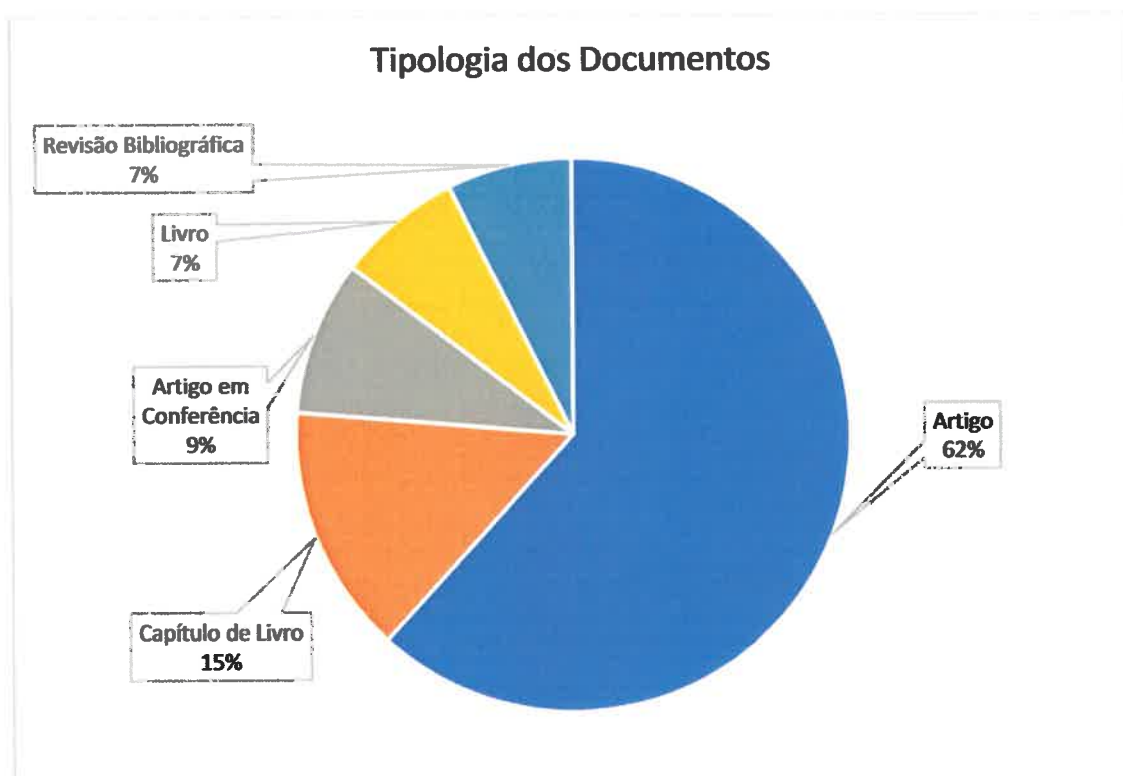


Figura 2. Tipologia dos documentos

Além disso, é exibida a quantidade de publicações ao longo dos anos nos dados da coluna da Figura 3. Observa-se que a incidência do tema está a aumentar nas publicações, consequentemente, a sua relevância está a crescer para a sociedade científica. Os dados utilizados são dos resultados da *Web of Science* devido a conter um maior número de artigos do que a *Scopus*.

Handwritten signature and initials in the top right corner.

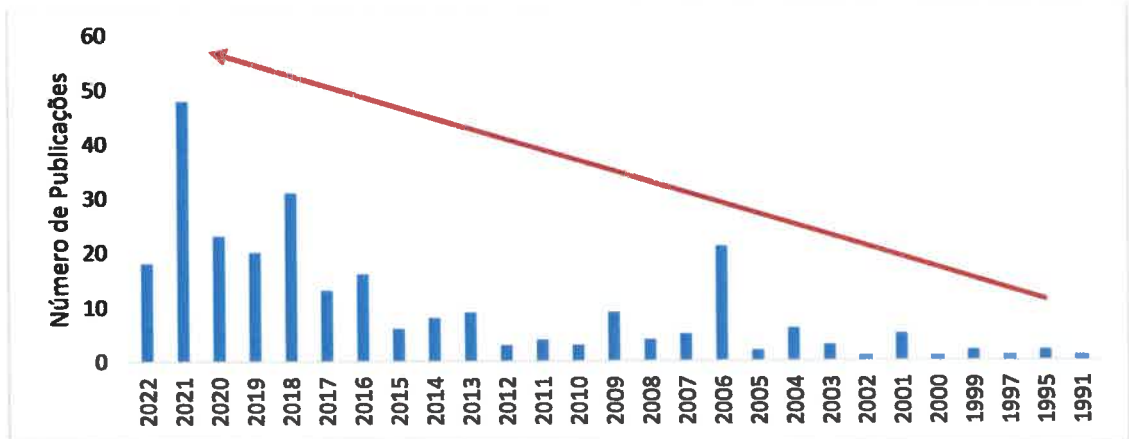


Figura 3. Documentos por ano

As palavras-chave mais frequentes dos dados baixados na Scopus em torno da temática da investigação foram realizadas com o software de análise bibliométrica “VOSviewer” (<https://www.vosviewer.com>, acessado em julho de 2022). A versão 1.6.17 foi utilizada neste estudo para redes bibliométricas baseadas na coocorrência de palavras-chave, que são apresentadas como círculos enquanto os seus tamanhos dependem da importância de cada termo, expostas na Figura 4.

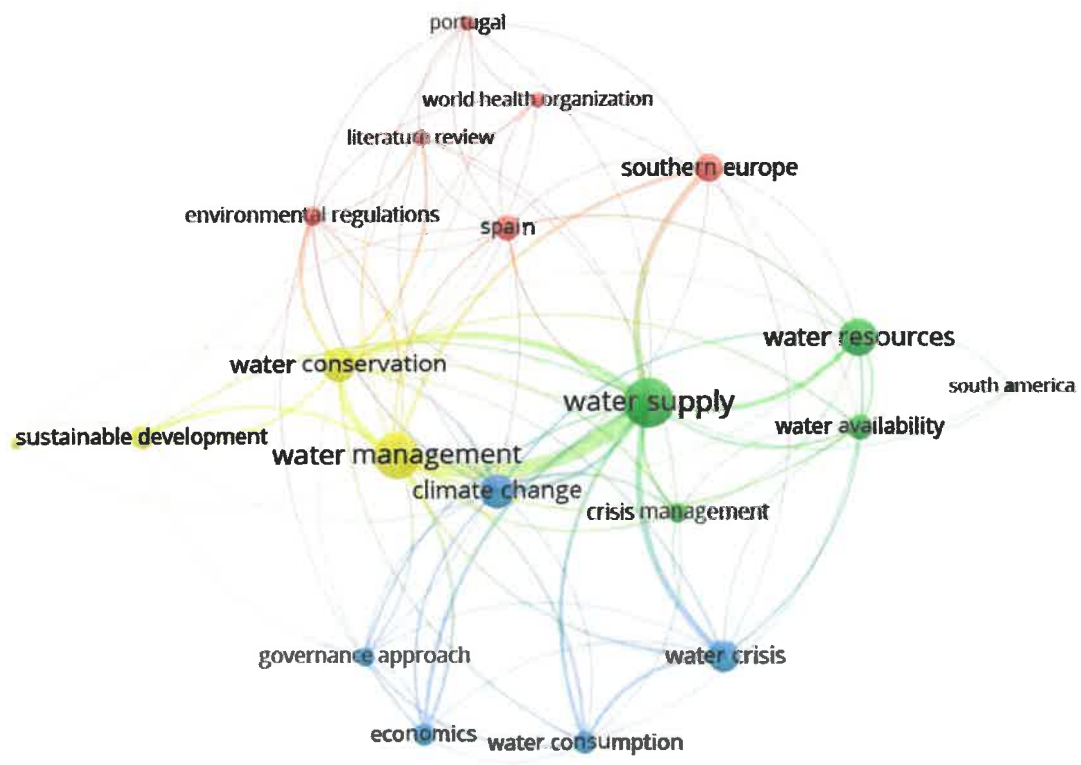


Figura 4. Análise bibliométrica

Dentro dessa análise, pode-se observar que as palavras-chave coocorrentes dividem o tema “crise hídrica” em quatro partes interligadas, vinculadas por “gestão da água” e “abastecimento de água”. No padrão vermelho que envolve assuntos relacionados ao sul da Europa, Portugal e Espanha, a maior preocupação é revisar quais são os números e dados que buscam organizar ou modernizar a regulamentação ambiental. Em verde, as questões sul-americanas são majoritariamente sobre “disponibilidade de água”, “crise de gestão” e “recursos hídricos”. Para o padrão amarelo, os trabalhos que destacaram a “gestão da água” tratam do “desenvolvimento sustentável” e da “conservação da água”. E o padrão azul, resume “crise hídrica” associada a trabalhos sobre “alterações climáticas”, “consumo da água”, “economia” e “abordagem de governança”, em que estas resumem as conclusões de menção posterior deste trabalho.

4.2 Abundância ou penúria?

A água é muito mais do que um mero recurso; representa a maior parte do planeta. É vital para todos os aspectos da vida, ambientes e ecossistemas. Sem água não há vida nem desenvolvimento. É do conhecimento geral que até recentemente a água era vista como um recurso abundante e ilimitado e que a água renovável nunca acabaria.

Diversos autores apontam em suas investigações que os rios, os lagos, as geleiras, as calotas polares, os pântanos e os alagados cobrem cerca de 354.200 km² da superfície da Terra e ocupam um volume total de 1.386 milhões de km³ (Andreoli et al., 2003; Gleick, 1996; Hassan et al., 2005; Leitão, 2009; Pielou, 1998; Stephens et al., 2020; Tundisi, 2003). Esses autores observam ainda que apenas 2,5% desse reservatório consiste em água doce, fundamental à sobrevivência das espécies. Dessa água doce, cerca de 69% encontra-se na forma sólida, em geleiras, calotas polares e neves eternas, enquanto 30,8% perfazem as águas subterrâneas e de outros mananciais de água. Segundo aqueles autores, a água acessível ao consumo humano, encontrada em rios, lagos e alguns reservatórios subterrâneos, soma apenas 0,3%, ou 100 mil km³.

De facto, vários cientistas afirmam que existe um paradoxo de abundância e escassez de água, pois a água não está distribuída homoganeamente no planeta (Leitão, 2009; Tundisi, 2008;).

Estudos de Tundisi (2008) inferem que a complexidade dos usos múltiplos da água através dos séculos aumentou e produziu um importante conjunto de degradação e de poluição. Os usos excessivos e as retiradas constantes reduziram, em muito, a disponibilidade hídrica no planeta. Esses fatores podem ocasionar incontáveis problemas de gestão da água e de segurança hídrica, conforme revelam aqueles autores.

Estudos realizados pela FAO (2003), Leitão (2009), Olivo & Ishiki (2015), Tundisi (2003) e Tundisi (2008) relatam que o crescimento populacional exponencial, o uso excessivo, a poluição e as constantes retiradas reduziram muito a disponibilidade de água em todo o mundo. Eles sugerem que esses fatores têm gerado inúmeros problemas de escassez e *stress* hídrico em diversas regiões e países do planeta, como Catar, Israel, Líbano, Irão, Jordânia, Líbia, Kuwait, Arábia Saudita, Eritreia, Egito, Emirados Árabes Unidos, Chile, Espanha, Portugal, Itália, Grécia, entre outros. Investigações conduzidas por Tundisi (2008) e Leitão (2009) apontam que até mesmo no Brasil, um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, têm ocorrido frequente crises por escassez de água, cada vez mais presentes nos últimos anos, como se verá no decorrer deste documento.

Dentro dessa ótica, o Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU, 2021) elucida que o *stress* hídrico ocorre quando a proporção de água doce retirada em relação ao total de recursos renováveis de água doce está acima de um limite de 25%. Esse Relatório também indica que entre os anos de 2015 e 2018, o *stress* hídrico aumentou mais de 2% em algumas sub-regiões com níveis já altos ou muito altos no Norte de África, Ásia Central e Ásia Ocidental. A escassez de água já atingiu todos os continentes.

Nessa perspectiva, Veyret & Richemond (2007) apontam que inúmeros problemas podem afetar um país ou região marcada pela crescente escassez de água: suas condições sanitárias correm o risco de se deteriorar, a produção de alimentos estagna ou diminui e a população fica empobrecida.

Diversos investigadores indicam igualmente que crises hídricas ocorrem devido à gestão inadequada da água, porém, para outros, a crise deve-se a um conjunto de complicações ambientais agravadas por problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social (Biswas, 2006; Tundisi, 2008).

Essa visão é partilhada por Sivakumar (2011), que infere que três fatores importantes, entre outros, podem complicar ainda mais a situação hídrica no futuro e aumentar a incerteza: o crescimento populacional, as alterações climáticas globais e as bacias hidrográficas transfronteiriças.

Diante de tal contexto, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a temperatura média da atmosfera tem aumentado constantemente nas últimas décadas, o que é motivo de grande preocupação devido aos extensos impactos socioambientais causados pelo aquecimento global (IPCC, 2014). Vários efeitos desse processo já foram observados, como o derretimento dos polos, a elevação do nível do mar e a ocorrência de desastres naturais. Além disso, extremos climáticos, ondas de calor, invernos excepcionalmente severos, enchentes, secas, escassez de água, tempestades e outras situações extremas também podem ocorrer em muitas regiões do planeta, com impactos diretos nos ecossistemas naturais e na segurança e bem-estar da população (Marengo et al., 2015).

Assim, Cunha et al. (2007) também infere que as alterações climáticas globais são uma realidade científica e a água é o domínio mais importante a ser considerado em um estudo de avaliação de impacto dessas alterações. Os autores também relatam que as alterações climáticas têm impactos diretos sobre a disponibilidade, o tempo e a variabilidade da oferta e demanda de água.

Handwritten signature

Para Tortajada & Biswas (2020), a pandemia da COVID-19 piorou ainda mais as condições de vida e saúde de milhões de pessoas em todo o mundo nos últimos anos. Esses autores também relatam que a pandemia representa uma tarefa desafiadora adicional para os líderes políticos, pois precisam chamar sua atenção não apenas para o acesso à água em quantidades suficientes para consumo, produção de alimentos, demais atividades económicas, higiene frequente, mas também para a necessidade de se melhorar o saneamento, a qualidade da água e o tratamento das águas residuais, bem como a reutilização de águas residuais tratadas como uma estratégia para colmatar a satisfação de consumos para alguns usos.

Dessa forma, embora a água exista em grande quantidade no mundo, conforme apresentado anteriormente, pode-se inferir que esse facto - em termos médios globais - caracteriza uma abundância equivocada de água. A água nem sempre está disponível onde e quando é necessária, devido à imensa variedade de realidades hidrológicas, socioeconómicas e ambientais do planeta.

Portanto, dessas disparidades surgem as questões relacionadas à escassez hídrica que podem levar a crises hídricas que, associadas ao uso excessivo, à gestão inadequada desse bem e à falta de saneamento adequado limitam a vida e impedem o desenvolvimento de regiões e países, quer seja na Europa, na América do Sul ou alhures.

4.3 Situação no Brasil

Conforme anteriormente relatado, a revisão da literatura de um número considerável de estudos aponta que o Brasil possui uma extensa rede hidrográfica (Figura 5) e quantidades consideráveis de reservas de água doce do planeta, apesar de sua distribuição heterogénea através do país (FAO, 2003; Rebouças 2003; Leitão & McAllister, 2010).



Figura 5: Rede hidrográfica geral do Brasil (adaptado de POESIA, 2000 e Leitão & McAllister, 2010).

De facto, o Brasil lida com questões de segurança hídrica há muito tempo, apesar de dispor de quase 13% da água doce do mundo (FAO, 2003; Rebouças, 2003). A noção de abundância levou à utilização irrestrita de água à medida que o país foi construindo sua economia de recursos (Leitão, 2009; Leitão & McAllister, 2010). A pressão tem sido alta em um país tão urbanizado com cidades em rápido crescimento e desigualdades de renda (Brito et al., 2001; Mendonça & Leitão, 2008; Santos, 1993).

De acordo com Leitão & McAllister (2010), muitas cidades têm lutado com o desafio de fornecer serviços de abastecimento de água residencial de qualidade e em quantidades suficientes para a população bem como de tratamento das suas águas residuais. Nas últimas décadas, o Brasil enfrentou muitos desafios de gestão da água; nomeadamente lidar com poderosos interesses arraigados como o setor hidroelétrico, uma economia flutuante e problemas de clientelismo na burocracia pública (Montero, 2005). Além disso, o país deve

lidar com uma distribuição desigual de água doce em todo o seu grande e hidrologicamente diversificado território (Leitão, 2009).

Conforme relatado por Leitão & McAllister (2010), o crescimento populacional aliado ao aumento da demanda de água, a mudança do padrão pluviométrico e a gestão inadequada da água, frequentemente, tendem a levar a situações de escassez hídrica, de desabastecimento, de crise hídrica que produzem tanto impactos nos sistemas de abastecimento de água quanto diferenças de níveis de desenvolvimento socioeconômico nas várias partes do país, especialmente nas áreas urbanas, nas regiões de produção de alimentos e nas bacias hidrográficas geradoras de energia elétrica.

A esse respeito, Leitão (2009) relatou que o acesso à água nas cidades brasileiras de médio e grande porte tem se tornado cada vez mais inseguro devido às pressões e demandas da sociedade contemporânea, que geram vulnerabilidades e riscos no sistema de abastecimento de água que impactam toda a sociedade. Três casos de diferentes regiões brasileiras, citados a seguir, foram amplamente referidos por investigadores.

Leitão (2009) estudou particularmente uma situação de escassez hídrica na Região Sul do Brasil, na cidade de Curitiba, Paraná e seu entorno durante os anos de 2002 a 2008. O foco da investigação foi o ano de 2006, quando houve racionamento de água em sistema de rodízio de abastecimento entre os diversos bairros daquela cidade. Nas últimas décadas, a região metropolitana de Curitiba passou por um intenso processo de urbanização e aumento da sua população, bem como de atividades econômicas. Essa realidade gera uma grande demanda por recursos naturais que satisfaçam as necessidades de toda a comunidade, inclusive de água. Essa demanda aliada à gestão inadequada dos recursos hídricos e à baixa pluviosidade levou a recorrentes crises hídricas em 2002-2008 e ainda mais recentemente em 2020, impactando não só o sistema de abastecimento de água, mas também a economia de toda a Região Metropolitana de Curitiba e, conseqüentemente, a qualidade de vida da comunidade (Carvalho et al, 2022).




Nessa perspectiva, estudos relatados por Olivo & Ishiki (2015) e Soriano & al. (2016) informaram que o uso excessivo dos recursos hídricos aliado à escassez de chuvas, associada ao planejamento inadequado do abastecimento e distribuição, além da ocupação irregular e/ou desordenada dos mananciais de água, também levaram a uma grave crise de escassez de água na Região Sudeste do Brasil entre os anos de 2012 e 2016.

Segundo Silva & Samora (2019), durante a crise hídrica no Sudeste do Brasil, foram registrados baixos volumes de água em rios de toda a região, o que afetou seriamente o abastecimento de água de muitos municípios. Essa situação agravou ainda mais o cenário ambiental precário e, na perspectiva dos autores, poderia ser considerada uma “crise anunciada”, principalmente em decorrência da gestão inadequada dos recursos hídricos e da ocupação indevida das áreas produtoras de água. Os autores também inferem que a crise teve impactos generalizados, que afetaram tanto os ecossistemas naturais quanto os habitantes da região, que ficaram desprovidos desse recurso indispensável.

Outro impacto dessa situação foi identificado por Olivo & Ishiki (2015). Esses autores relataram que o nível de água nas usinas hidroelétricas da Região Sudeste caiu entre 18% e 57% em relação a fevereiro de 2012, causando uma situação alarmante que levou a uma crise de energia no sistema elétrico brasileiro. É importante levar em conta que cerca de 65,9% da matriz energética brasileira é composta por hidroeletricidade (EPE, 2022).

Nessa ótica, Galvão & Bermann (2015) analisaram igualmente os conflitos que surgiram entre o setor de geração de energia elétrica e os outros usuários da água na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul na Região Sudeste do Brasil durante a crise hídrica de 2013-2015. Esses autores inferem que apesar da existência de legislação que defina, em situação de escassez, o uso prioritário para consumo humano e animal, a recente crise hídrica revela uma série de conflitos envolvendo o Sistema Elétrico Brasileiro, suas empresas, seus órgãos gestores e outros usuários de água, como regadio, piscicultura, transporte de mercadorias e cargas em hidrovias, empresas de saneamento e setores de lazer. Segundo os



autores, pode-se observar que, em muitas ocasiões, em situações de escassez, a força do setor de geração hidroelétrica tem sido priorizada em detrimento de outros. Galvão & Bermann (2015) afirmam ainda que deveria ser alcançado o equilíbrio necessário, formulado em bases técnicas que sustentem condições de gestão adequadas dos reservatórios hidroelétricos e desvinculados dos contextos políticos, para o benefício económico, social e ambiental das populações envolvidas. Situações de escassez hídrica, portanto, impactam o equilíbrio do sistema de gestão da água, eventualmente causando importantes conflitos de governança hídrica, mesmo com a existência de legislação pertinente.

Olivo & Ishiki (2015) e Soriano & al (2016) relatam que a cidade de São Paulo, maior metrópole sul-americana, também situada na Região Sudeste, enfrentou uma grave seca em sua principal área de captação de água, o *Sistema de Reservatórios Cantareira*, quando toda a população da Região Metropolitana de São Paulo foi fortemente afetada pela escassez de água e, conseqüentemente, todos os seus setores sociais, económicos e ambientais estiveram fortemente impactados.

Não apenas as regiões Sul e Sudeste do Brasil sofreram graves problemas de escassez de água no período 2012-2018. O Centro-Oeste do país, onde está localizada Brasília, Distrito Federal, também sofreu uma crise hídrica semelhante. Segundo Braga et al. (2018), a baixa pluviosidade registada ao longo dos anos de 2016 e 2017 instalou um cenário de escassez hídrica nos principais mananciais de água doce que abastecem a Capital Federal (Lago Descoberto e Lago Santa Maria).

Assim como nas cidades de Curitiba, São Paulo e outras cidades brasileiras, foi implantado um racionamento de água em sistema rotativo de abastecimento entre os diferentes bairros da cidade. Semelhantemente a Curitiba e São Paulo, além do sistema de abastecimento de água, os setores de serviços, agricultura e indústria do Distrito Federal também foram fortemente impactados pela crise hídrica (Braga et al. 2018).

Por outro lado, o cenário de crise hídrica estimulou o governo local e a sua empresa de águas, CAESB, a buscar novos caminhos, novas tecnologias e soluções inovadoras e que também promovam o uso eficiente e racional da água, com o propósito de ampliar o sistema de abastecimento de água do Distrito Federal, culminando com a implantação do Sistema de Produção de Água Lago Paranoá (ETA Norte) em 2017 (Braga et al., 2018).

A ETA Norte é uma estação de tratamento de abastecimento de água localizada na margem norte do Lago Paranoá. Pode fornecer até 700 l/s de água potável tratada para uma parcela considerável da população do Distrito Federal utilizando um avançado sistema de membranas de ultrafiltração (Braga et al., 2018). Parte dos mananciais do Lago Paranoá é proveniente de duas estações de tratamento de águas residuais localizadas em outras partes do lago.

Assim, com a instalação da estação de tratamento de água ETA Norte em 2017, a cidade de Brasília passou a empregar a reutilização de águas residuais tratadas (ART) de forma indireta para abastecer parte de sua população com água potável de qualidade tencionando reforçar o sistema de abastecimento de água local, não apenas mitigando os impactos da crise hídrica de 2016-2018, mas agregando permanentemente mais disponibilidade de água tratada para os seus habitantes.

A reutilização de ART está bastante estudada para aplicação na rega agrícola, rega paisagística, utilizações prediais, indústria, recarga de aquíferos, usos recreativos e ambientais e usos urbanos não potáveis. A reutilização da água como estratégia de combate à escassez de recursos hídricos, pressupõe uma reutilização planeada, em que as águas residuais são tratadas e utilizadas para uma aplicação em que representa um benefício socioeconómico (Silva, 2015).

A principal aplicação da reutilização de ART é a rega agrícola, que consome cerca de 65% dos recursos hídricos utilizados (Asano et al., 2007), seguindo-se a rega paisagística (rega de campos de golfe, jardins e recintos desportivos), o abastecimento industrial, a recarga de aquíferos, certos usos recreativos e

ambientais (alimentação de lagos de recreio ou a preservação de habitats da vida selvagem) e usos urbanos que não obrigam à utilização de água potável (lavagem de ruas, a descarga de autoclismos, o combate a incêndios).

Com efeito, em um cenário de escassez hídrica, uma das práticas que podem ser empregues para mitigar e combater os efeitos dessa situação é mediante o emprego de tecnologias de reutilização de ART, tanto para fins não-potáveis quanto potáveis, consoante o nível de tratamento utilizado.

Dentro dessa perspectiva, as soluções tecnológicas mais indicadas para a reutilização de ART em pequenos aglomerados, aquelas que apresentarão custos de operação e manutenção mais baixos, são as baseadas na natureza (*nature-based solutions*, Boano et al., 2019; Castellar et al., 2022) como as lagoas ou leitos de macrófitas (Marecos do Monte & Albuquerque, 2010; Pedrero et al., 2011; Shingare et al., 2019; Biswal & Balasubramanian, 2022) e as baseadas na utilização de microalgas (Godos et al., 2010; Lu et al., 2020; Liu & Hong, 2021; Sátiro et al., 2022), além da infiltração no solo para a recarga de aquíferos (Silva et al., 2017).

Em várias regiões do mundo com dificuldades em satisfazer as suas necessidades de água (em especial zonas áridas e semiáridas), como a Arábia Saudita, Argélia, Austrália, Brasil (região semiárida), Espanha (região sul), Egito, EUA (Estados do Arizona, Califórnia e Texas), Índia, Israel e Jordânia, as soluções adotadas para reduzir a escassez de água incluíram obras de transvase de águas superficiais entre bacias hidrográficas (Alves & Nascimento, 2009; Cabo et al., 2013; Quiggin, 2006; Smakhtin et al., 2004;), dessalinização de água do mar (Quiggin, 2006; Schenkeveld et al., 2004) ou reutilização de águas residuais tratadas - ART (Abrantes, 2017; Lluria, 2009; Marecos do Monte & Albuquerque, 2010; Silva et al., 2017).

Nesse sentido, a investigação refere, no Brasil, uma obra significativa de transvase de águas superficiais entre bacias hidrográficas, atualmente denominada de “Projeto de Integração do Rio São Francisco - PISF (Alves &

Nascimento, 2009; BNDES, 2022; MDR, 2004; MDR, 2022). Segundo os autores, o PISF (Figura 6) é um projeto de infraestrutura hídrica que capta água no Rio São Francisco, aduzindo-a para bacias hidrográficas localizadas na região semiárida do nordeste setentrional brasileiro, nos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará, e Rio Grande do Norte. Essa obra é composta por dois eixos de transferência de água: o Norte, com 260 km de extensão; e o Leste, com 217 km. As estruturas captam a água do Rio São Francisco, no interior do estado de Pernambuco para abastecer adutoras e ramais que vão perenizar os rios, açudes e albufeiras existentes na região (MDR, 2004; MDR 2022). O seu principal objetivo é garantir a segurança hídrica a 12 milhões de habitantes em 390 municípios dos estados acima referidos, assim como aumentar a oferta hídrica em médio prazo para o consumo humano, atividades agrícolas e industriais através da integração de bacias hidrográficas numa região que sofre com constantes secas, escassez, irregularidade das chuvas e crises hídricas (Alves & Nascimento, 2009; BNDES, 2022; MDR, 2004; MDR, 2022).



Figura 6. Localização do Projeto de Integração do Rio São Francisco -PISF (adaptado de Lerner, G.L.S. & Carpio, L.G.T., 2022).

Estudos apresentados por Darre & Toor (2018), Silveira et al. (2015) e Yang (2022) apontam que, além da reutilização de ART e de obras de transvase de águas superficiais entre bacias hidrográficas, a dessalinização de águas do mar representa outra solução tecnológica que poderia contribuir para o enfrentamento dos impactos das secas e escassez de água em muitas partes do mundo. Segundo aqueles autores, a dessalinização de água marinha já vem sendo utilizada com êxito em vários países da região mediterrânea como, Espanha, Malta, Chipre, França, Itália, Grécia, Marrocos, Argélia, Egito, Turquia e Israel assim como de outras partes do mundo como Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Catar, Austrália, Estados Unidos, Curaçao, México, Cabo Verde, África do Sul, entre outros.

4.4 Situação na Europa

Semelhante a muitas partes do mundo e, em muitos aspectos, ao Brasil, também na Europa (Figura 7), a disponibilidade de água representa um desafio, particularmente na parte sul do continente. A escassez de água e as secas surgiram como o principal desafio - e as alterações climáticas podem causar ainda mais dificuldades. Grande parte da população europeia já foi impactada pela escassez de água, e estudos revelam que a tendência é que mais ainda seja afetada, representando um risco significativo para o desenvolvimento socioeconômico da região (EIT 2021; Europa, 2007; Europa, 2012; Vanham et al., 2018).

Europa (2007) descreve a seca como uma diminuição temporária na disponibilidade de água devido, por exemplo, à deficiência de chuva e descreve a escassez de água como a demanda de água que excede os recursos hídricos exploráveis em condições sustentáveis. À medida que a escassez de água e as secas aumentam em toda a União Europeia (EU), estas situações têm um impacto direto nos cidadãos e nos setores econômicos que utilizam e dependem da água, como a agricultura, o turismo, a indústria, a geração de energia e os transportes. Pelo menos 11% da população europeia e 17% do seu território foram afetados pela escassez de água até esta data. As tendências recentes

Handwritten signature

mostram uma extensão significativa da escassez de água em todo o território europeu (EIT 2021; Europa, 2007; Europa, 2012).

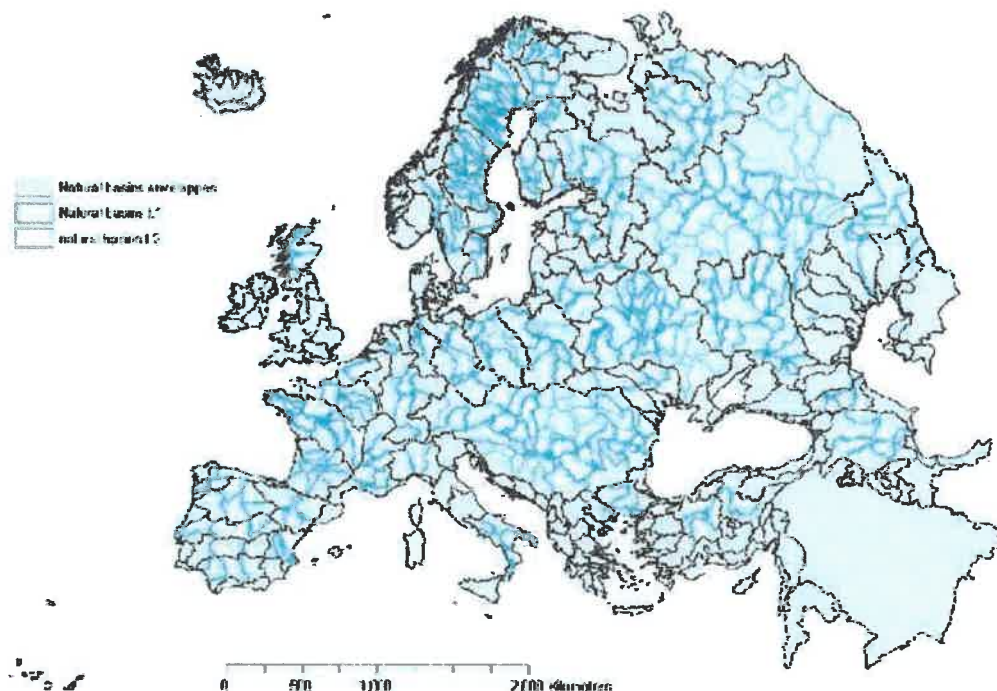


Figura 7. Rede hidrográfica geral da Europa (adaptado de EMIS, 2020)

A escassez de água e as secas não são, portanto, apenas uma questão para os gestores da água. Elas têm amplos impactos sobre os recursos naturais que afetam a biodiversidade, a qualidade da água, o aumento dos riscos de incêndios florestais e o empobrecimento do solo, assim como causam impactos diretos na vida dos cidadãos e nas diversas áreas da economia (Europa, 2007; Europa, 2012). Esses impactos podem levar a crises em muitos setores, por exemplo, semelhantemente ao Brasil, também em parte da Europa, a energia hidroelétrica é fortemente dependente da disponibilidade de água.

Segundo Europa (2012), o número de áreas afetadas pela seca e a população aumentaram cerca de 20% entre os anos de 1976 e 2006 no continente europeu. Esse relatório também indicou que a região do Mediterrâneo testemunhou graves eventos de seca com registos de precipitação atingindo 40% dos níveis médios no período 2011-2012.

Neste contexto, a escassez de água é vista como provavelmente um dos problemas mais salientes no sul da Europa. A combinação de condições climáticas instáveis, secas recorrentes, comuns na bacia do Mediterrâneo, juntamente com o aumento dos usos múltiplos da água nas últimas décadas, colocaram a escassez de água no topo da agenda política na maioria dos países da região.

Em Portugal e Espanha, por exemplo, a irregularidade na distribuição dos recursos hídricos, tanto em termos de tempo como de território, tem um impacto importante na disponibilidade hídrica e costumam gerar problemas de escassez. A irregularidade temporária pode ser, comparativamente, mais severa na Península Ibérica do que em outras partes do continente europeu, pois as variações anuais da precipitação afetam os volumes do leito fluvial entre as estações, e a irregularidade pluviométrica ano a ano resulta em grandes diferenças nos volumes dos rios entre anos chuvosos e secos (Madurga, 1999; Espanha, 2004; Cabrera et al., 2019).

Além disso, as chuvas e as demandas de água para regadio e abastecimento da população não são coincidentes ao longo do ano. Os níveis pluviométricos e de abastecimento ocorrem principalmente no outono, inverno e primavera, enquanto as maiores demandas se concentram no verão, o que também ocorre em outros países da Europa (Madurga, 1999; Espanha, 2004, Europa, 2007).

Vários estudos têm descrito que a distribuição regional desigual dos recursos hídricos provoca graves situações de déficit no Sudeste da Península Ibérica (Madurga, 1999; Espanha, 2004; Garrido & Llamas, 2009). Estes autores referem ainda que, neste contexto de escassez hídrica, seja pontual ou estrutural, o regadio continua a ser uma das principais utilizações da água em Espanha. Nessa conjuntura, a escassez é reconhecida, há décadas, como fonte de controvérsia social na região, tanto pelas condições climáticas quanto pelo aumento dos usos da água.

Devido às inúmeras semelhanças com Espanha, condições semelhantes são encontradas em Portugal. Com o seu clima, paisagem e cultura mediterrânicos, Portugal há muito que enfrenta os impactos da seca como uma componente crucial da interface regional entre a sociedade e o ambiente, particularmente nas suas regiões meridionais (Do Ó, 2007).

De facto, segundo Oliveira et al. (2007), devido às inúmeras semelhanças e bacias hidrográficas compartilhadas, recomenda-se que Portugal e Espanha trabalhem em parceria na realização de estudos combinados sobre vários aspetos das questões hídricas ibéricas, nomeadamente sobre os impactos das alterações climáticas nos seus recursos hídricos, em situações de escassez e crises de água e em políticas de gestão integradas que fomentem o uso eficiente e racional de água em diversos setores, abastecimento, agricultura e regadio, entre outros (CE, 2011).

Outro país da região mediterrânea da Europa que tem sido atingido por eventos periódicos de seca é Itália. Segundo relatam EC (2022a), uma seca severa afeta o norte de Itália, especialmente a bacia do rio Pò, desde dezembro de 2021. As condições de seca têm sido relacionadas à falta persistente de precipitação. Segundo esses autores, os recursos hídricos já foram impactados pelo défice pluviométrico agudo, o que levou à competição por água entre os diferentes setores usuários, sobretudo em períodos de regadio.

Ademais, conforme afirmado por EC (2022a), semelhantemente ao que costuma ocorrer, igualmente, em outros países europeus e no Brasil, a seca impactou o volume de água armazenada para produção de energia no sistema elétrico italiano, uma vez que vários dos reservatórios e albufeiras encontram-se abaixo dos valores mínimos históricos (1970-2019) desde setembro de 2021.

EC (2022a) relatam ainda que a temperatura mais elevada do inverno anterior colaborou para reduzir o acúmulo de neve, o que afetou a contribuição do derretimento da neve para as descargas dos rios no final da primavera e, conseqüentemente, aumentou a probabilidade de seca hidrológica nos meses

seguintes. Além disso, o Relatório relata que condições mais secas do que o normal devem afetar a maior parte de Itália e do sul da Europa nos próximos meses, o que aumenta os temores de impactos extensos e simultâneos em toda a região.

Longe do Mediterrâneo, mesmo a Polónia também enfrenta situações de escassez de água. Kubiak-Wójcicka & Machula (2020) constataram que, nos últimos anos, houve uma diminuição dos caudais dos dois maiores rios da Polónia: o Vístula e o Oder. Os autores inferem que a Polónia é um dos países da Europa com os menores recursos hídricos per capita e que o país passou por secas meteorológicas, que contribuíram para a escassez de água em grande parte de seu território, reduzindo as vazões dos rios e impactando a qualidade da água, entre outras consequências.

De facto, EC (2022b) relata que a seca austera que afetou várias partes da Europa desde o início de 2022 expandiu-se e causou condições de escassez em muitas partes do continente, causando situações de crise. Esse relatório também relata que a falta de chuva afetou amplamente as descargas dos rios em todo o continente, causando impactos em setores tão variados como sistemas de abastecimento de água, agricultura, indústria, energia e outros. Consistente com o relatado em EC (2022b), a seca atingiu países como Portugal, Espanha, França, Itália, Grécia, Alemanha, Suíça, Eslovénia, Bósnia Herzegovina, Croácia, Hungria, República Checa, Eslováquia, Roménia, Polónia, Reino Unido e mesmo a Irlanda.

Conforme relatado anteriormente, diversos autores referem que esses fenómenos de seca são cada vez mais induzidos pelas alterações climáticas (IPCC, 2014; Marengo et al., 2015). De qualquer forma, considerando as alterações climáticas ou não, a tendência de ocorrência de fenómenos climáticos, como baixa pluviosidade e disponibilidade hídrica causando condições hidrológicas extremas, aumenta a vulnerabilidade à seca e escassez de água que vem sendo evidenciada em grande parte da Europa.

Portanto, é expectável que o aumento da frequência e intensidade das secas pressuponha grandes impactos sociais, ambientais e económicos, pois o número de áreas e pessoas atingidas por esses fenómenos se expande ano a ano (EC, 2022b; Europa, 2007; CE 2011). Diante disso, decorre a importância de os países abrangidos neste estudo disporem de instrumentos, estratégias e políticas de gestão da água e de saneamento adequadas ao enfrentamento e à mitigação das crises hídricas que se tornam cada vez mais frequentes.

4.5. Um olhar sobre políticas de gestão da água e de saneamento de águas residuais

No que concerne às políticas e estratégias de gestão dos recursos hídricos, à gestão dos mananciais e albufeiras de abastecimento e à gestão do ordenamento territorial, observa-se no Brasil, em Portugal e em outros países da União Europeia uma superposição de interesses, de poderes, de normativos que, muitas vezes, confundem e dificultam os próprios gestores públicos na implementação e execução de políticas que, verdadeiramente, se revertam em benefício da sociedade e do ambiente.

A gestão da água, cada vez mais, deixa de ser um assunto restrito a fronteiras políticas e administrativas e ganha horizontes regionais e continentais. A complexidade da gestão de recursos hídricos ultrapassa as fronteiras político-administrativas das nações, ganhando dimensões continentais e globais.

No Brasil, a Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa legislação avançada fornece as bases para a gestão adequada dos recursos hídricos no País, e constitui-se num normativo que tem como intento contribuir para a segurança hídrica da sociedade e de suas necessidades, para as atividades económicas de forma sustentável (Tucci, Hespanhol & Cordeiro; 2001).

Ainda no contexto do Brasil, no que tange ao saneamento, a Política Nacional de Saneamento Básico foi instituída pela Lei Federal n.º 11.445 de 05 de janeiro 2007. Esta foi alterada pelo novo Marco do Saneamento Básico - Lei nº 14.026

de 15/07/2020, cuja meta é garantir o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% com tratamento e coleta de esgoto, até 31 de dezembro de 2033. Atualmente, cerca de 35 milhões de pessoas não têm acesso à água tratada e mais de cem milhões não contam com serviços de coleta de esgoto, numa população total de cerca de 211,8 milhões de habitantes (IBGE, 2020; Lei n.º 14.026; 2020).

Políticas de saneamento eficientes precisam fomentar o tratamento dos esgotos, que é de fundamental importância, a fim de se evitarem problemas de contaminação ambiental e de saúde pública. Ademais, os esgotos tratados adequadamente têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, bem como a sua reutilização para fins não potáveis e potáveis - sendo esta uma das tecnologias que podem em muito contribuir para o enfrentamento e a mitigação dos impactos das secas, escassez e crises hídricas, como relatado anteriormente no caso da crise hídrica ocorrida em Brasília, Brasil.

Em países com alta taxa de urbanização, como ocorre no Brasil e em vários países da União Europeia, de acordo com Silva (2000), as relações entre as políticas urbanas e de recursos hídricos, com vistas à abertura de canais efetivos de cooperação e integração entre os dois sistemas institucionais, são particularmente importantes, sobretudo nos casos de bacias intensamente urbanizadas, nas quais a interação com processos específicos de uso e ocupação do solo é determinante da sustentabilidade dos sistemas hídricos.

Assim, uma elevada degradação dos recursos hídricos revelaria, conseqüentemente, uma insuficiente e ineficaz política de saneamento ambiental. Esta é uma característica presente em muitos países em desenvolvimento, nos quais a falta de qualidade de vida da população se manifesta, entre outros aspectos, na parcial e insatisfatória cobertura da rede de água tratada e de esgotamento sanitário (Silva, 2000; Mendonça, 2004; Leitão, 2008; Leitão, 2009).

Também na União Europeia (UE), a água encontra-se sujeita a uma pressão crescente, devido ao contínuo aumento da necessidade de quantidades suficientes de águas de boa qualidade para usos variados. Com o intuito de proteger e melhorar a qualidade da água foi, portanto, instituída na UE a Diretiva Quadro da Água (DQA). Esta normativa estabeleceu um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. A DQA foi adotada em 2000 e introduziu, entre outras inovações, vários aspetos relevantes: abordagem integrada da proteção das águas; avaliação do estado das águas através de uma abordagem ecológica; planeamento integrado a nível da bacia hidrográfica; estratégia para a eliminação da poluição causada por substâncias perigosas; instrumentos financeiros; incremento da divulgação da informação e incentivo da participação do público; e organização do quadro legal comunitário sobre a água (Europa, 2000).

A DQA foi transposta para o ordenamento jurídico de Portugal mediante a Lei da Água, instituída pela Lei n.º 58 de 29 de dezembro de 2005. A Lei da Água estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas (Portugal, 2005; Lei n.º 58, 2005).

Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de água e saneamento de águas residuais foi introduzida em Portugal 2020 (2014-2020), que sucedeu ao Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) 2007-2013, que se centrou nos seguintes objetivos: a valorização e utilização sustentável dos recursos endógenos; a promoção da eficiência no uso de recursos; a prevenção de riscos e adaptação às alterações climáticas e proteção do ambiente; e a transição para uma economia de baixo carbono.

As conclusões da implementação da Nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR) 2020 indicam que há indicadores que apresentaram uma evolução que suscita alguma preocupação em relação ao cumprimento da meta estabelecida, por se

encontrarem ainda muito longe do valor desejado ou porque o ritmo de evolução não garante o cumprimento dentro do horizonte temporal estipulado. No entanto, o setor do abastecimento de água e de saneamento de águas residuais em Portugal evoluiu de forma positiva entre 2014 e 2020 na maioria dos indicadores, verificando-se mesmo que um conjunto de indicadores já alcançou as metas estabelecidas. Por exemplo, 100% dos alojamentos são servidos por prestadores com avaliação satisfatória no “cumprimento dos parâmetros de descarga” e 100% dos alojamentos são servidos por prestadores com avaliação satisfatória no “destino adequado de águas residuais”.

Atualmente está já a ser concluído o próximo Plano (o PENSAARP 2030, 2021-2030), que será um instrumento norteador de novas políticas para o ciclo urbano da água e da sua articulação com as restantes políticas setoriais relevantes. Terá em atenção, por exemplo, à cisão de sistemas multimunicipais e, por outro, das agregações de sistemas municipais, à adaptação aos efeitos alterações climáticas, bem como à necessidade de alinhamento da política nacional de investimentos ao Programa Portugal 2030. Será objeto de avaliação ambiental estratégica.

Existe ainda o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), que tem como principal objetivo a promoção do uso eficiente da água em Portugal nos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país. Este Plano pretende, por exemplo, reduzir os desperdícios de água nos setores urbano, agrícola e industrial para 20%, 35% e 15%, respetivamente, até 2020.

Cardoso-Silva et al. (2013) concluíram em seus estudos que outros autores de países fora da União Europeia têm procurado compreender o sistema de gestão de recursos hídricos europeu com o propósito de aprimorar a gestão da água nos seus próprios países. Afirmam que, diferentemente do modelo brasileiro, cujo foco da gestão está nos usos múltiplos da água, a DQA teria como objetivo

o alcance do “bom estado” ecológico. Cardoso-Silva et al. (2013) consideram que, para o Brasil, a DQA é promissora, mas a sua implementação e adequação à realidade brasileira não seria óbvia. Para esses autores, no Brasil, faria mais sentido avançar na gestão da água por meio da incorporação de princípios e instrumentos da DQA onde já existe uma estrutura adequada, como nas regiões mais industrializadas do país.

Dentro dessa ótica, mais estudos comparativos entre as políticas de gestão da água da União Europeia e Brasil seriam fundamentais para se investigar como Brasil, Portugal e outros países europeus poderiam tirar exemplos, lições e aprender uns com os outros com vista a implementar-se uma gestão da água que proporcione segurança hídrica às suas sociedades e, ao mesmo tempo, que garanta proteção e sustentabilidade ao ambiente.

5. Considerações finais e conclusões

A urbanização acelerada intensificou-se nas últimas décadas em nível mundial. Diante do aumento dessa situação, sucedeu, também, um rápido crescimento demográfico, o que provocou diversos impactos sociais e ambientais. Esses fenômenos ocasionaram uma série de pressões significativas em vários sistemas, salientando-se aqueles de infraestruturas e dos sistemas hídricos e ambientais. Assim, as utilizações desmedidas de água e as suas retiradas intensivas restringiram seriamente a disponibilidade desse recurso e influenciaram a sua sustentabilidade a longo prazo.

Com efeito, a investigação revelou que as secas, a escassez de água e as crises delas decorrentes ocorrem de forma cada vez mais frequente nas duas regiões abrangidas neste estudo, afetando os sistemas hídricos, ecossistemas e as sociedades.

A investigação revela também que as pressões sobre a água e setores relacionados requerem ação. Como é sabido, a disponibilidade de água doce é limitada e variável, e este recurso está vinculado transversalmente a diversos setores.

Os casos explorados no estudo, embora de países com realidades e níveis de desenvolvimento diferentes, apontaram a existência de políticas, instrumentos e estratégias de gestão de água e de saneamento de águas residuais avançados.

Não obstante, não se deve olvidar que a gestão integrada dessas secas e crises, sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil, deve fomentar o tratamento de águas residuais.

A reutilização de ART revela-se uma medida adequada para garantir água para fins não potáveis e potáveis consoante o nível de tratamento utilizado. No caso de pequenos aglomerados urbanos, beneficiar da utilização de soluções baseadas na natureza, como os leitos/lagos de macrófitas e as tecnologias à base de microalgas.

David
L

Nessa perspetiva, a investigação mostrou que a estratégia de reutilização de ART é uma das práticas que podem contribuir para a mitigação dos impactos de secas, escassez e crises hídricas pois proporciona, igualmente, o uso racional e eficiente da água, contribui para a sua conservação, acrescenta-lhe uma dimensão económica e reduz as demandas sobre os mananciais e albufeiras.

Outro aspeto observado nesta pesquisa é a existência de importantes fatores que devem ser considerados na análise como: políticas de gestão, tratamento e qualidade da água; disponibilidade e demanda hídrica; impactos causados pelas alterações climáticas; nível local de desenvolvimento económico e humano; consciencialização e atitudes da sociedade em relação à água e à educação ambiental, entre outros. Portanto, pode-se inferir que as crises hídricas se devem a um conjunto de complicações ambientais agravadas por problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento político-social.

Diante disso, deduz-se que a gestão adequada de questões emergentes, como secas, escassez hídrica, crise hídrica, que afligem persistentemente as regiões abrangidas no estudo, implicaria uma abordagem objetiva e ampliada e deveria considerar aspetos relacionados não apenas à legislação relativa a recursos hídricos e saneamento, mas também os fatores acima referidos.

Assim, de acordo com as investigações realizadas, pode-se afirmar que as ameaças recorrentes de secas e crises de água necessitam de atitudes preventivas, políticas integradas e eficazes para o enfrentamento desses desafios.

Com efeito, diante deste estudo, pode-se também deduzir que investimentos maciços tanto em ciência, tecnologia e inovação quanto em infraestruturas de serviços de água seriam necessários. Nesse sentido, a investigação apontou que, além da reutilização de águas residuais tratadas, as técnicas de regadio eficiente, as tecnologias de dessalinização de água e os transvases de águas superficiais entre bacias hidrográficas são igualmente estratégias que

corroboram como medidas de combate e mitigação da escassez de água e já são utilizadas com sucesso em vários países.

Na análise da pesquisa, observou-se uma insuficiente integração entre as políticas de gestão da água e outras políticas. A existência de legislação ambiental avançada, por si só, não garante a gestão adequada da água. Isso deve ser feito de forma integrada com a participação de instituições complementares, cooperação inter-regional e envolvendo a participação efetiva da sociedade na gestão da água. Uma das grandes questões observadas neste estudo não é apenas a escassez de água causada por problemas climáticos ou não, mas uma cultura passada de governança inadequada da água.

Logo, percebe-se que uma atitude diferente por parte dos governos seria necessária para gerir as situações de escassez. Seria, então, fundamental a integração de um amplo leque de conhecimentos multidisciplinares, políticas (de recursos hídricos; ambiental; de ciência, tecnologia e inovação; económicas; sociais; culturais; educacionais; estratégicas; infraestrutura), ações e vontade política, para se poder efetivamente enfrentar, mitigar e se adaptar às secas e às crises hídricas, que tendem a ser cada vez mais recorrentes nas regiões estudadas.

Portanto, conclui-se que, no contexto espaço-territorial deste estudo, as principais questões não são apenas a seca, a escassez de água, causadas por problemas climáticos, de forma isolada, porém, conforme referido anteriormente, um histórico de falta de políticas próprias, em que cada ator institucional assumam e cumpram plenamente com as suas responsabilidades de assegurar água de qualidade e em quantidade suficiente e seu respetivo tratamento a todos os seus habitantes. Esse recurso vital, que é a água, precisa ser corretamente gerido, tratado e conservado com eficácia, eficiência e compromisso, para se possibilitar o seu acesso a toda a sociedade, de forma racional e sustentável, independentemente do país ou região em que se habite.

Acredita-se que este trabalho deixa uma colaboração relevante, na medida em que investiga as causas, impactos e aponta caminhos que podem contribuir para o enfrentamento das questões abordadas neste estudo.



Saud
Al

6. Referências bibliográficas

- Abrantes S. Avaliação do potencial de reutilização de águas no Centro Social e Cultural de Santo Aleixo em Unhais da Serra (2017). Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.
- Andreoli, C. V., Hoppen, C., Pegorini, E. S., & Dalarmi. (2003). A crise da água e os mananciais de abastecimento. In Andreoli, C. V. (Org.). *Mananciais de abastecimento: Planejamento e gestão, estudo de caso do Altíssimo Iguaçu* (pp. 35-84). SANEPAR/FINEP.
- Alves, J. J. A., & Nascimento, S. S. do. (2009). Transposição do rio São Francisco: (Des) caminhos para o semi-árido do Nordeste brasileiro. *Revista Espaço Acadêmico*, 9(99), 39-45. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/7707>
- Asano T., Burton F., Leverenz H., Tsuchihashi R.E. e Tchobanoglous G. (2007). *Water Reuse: Issues, Technologies and Applications*, McGraw-Hill, New York, EUA.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social (2022). *PISF Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional*. <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/desestatizacao/processos-em-andamento/pisf>
- Biswal B. & Balasubramanian R. (2022) Constructed Wetlands for Reclamation and Reuse of Wastewater and Urban Stormwater: A Review. *Front. Environ. Sci.* 10, 836289 (DOI: 10.3389/fenvs.2022.836289).
- Biswas, A.K. (2006). *Challenging prevailing wisdoms: 2006 Stockholm water prize laureate lecture. Atizpan, Mexico: Third World Center for Water Management*. <https://thirdworldcentre.org/wp-content/uploads/2019/05/Challenging-Prevailing-Wisdoms-Asit-K.-Biswas-lecture.pdf>
- Boano F., Caruso A., Costamagna E., Ridolfi L., Fiore S., Demichelis F., Galvão A., Piscoiro J., Rizzo A., & Masi F. (2019). A review of nature-based solutions for greywater treatment: applications, hydraulic design, and environmental benefits, *Science of the Total Environment*, 711, 134731 (DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134731).

- Jourd
L
- Braga F. M. G., Melo, E.S, Ferreira, M.A., & Brandão, C.C.S. (2018). Comparação de custos de tratamento de água por técnica avançada e convencional no Distrito Federal - Brasil. In *36º Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS*. Guayaquil, Ecuador. https://www.researchgate.net/profile/Matheus-Ferreira-25/publication/330292792_Comparacao_de_Custos_de_Tratamento_de_Agua_por_Tecnica_Avançada_e_Convencional_no_Distrito_Federal_-_Brasil/links/5c37a2a7458515a4c71c8881/Comparacao-de-Custos-de-Tratamento-de-Agua-por-Tecnica-Avançada-e-Convencional-no-Distrito-Federal-Brasil.pdf
- Brito F., Horta C.J.G., & Amaral, E.F.L. (2001). A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas. In *Open Science Framework Preprints August 18*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/84b92>
- Cabrera, E., Pardo, M.A., & Cabrera, E. Jr., & Cobacho, R. (2010). Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante. *Ingeniería Del Agua*, 17(3), pp. 235-246. <https://doi.org/10.4995/ia.2010.2976>
- Cabo F., Edlenbrunch K. e Tidball M. (2013). Dynamic management of water transfer between two interconnected river basins. *Relatório de investigação N.º 2013-09*, LAMETA, Montpellier, França, 30 p.
- Cardoso-Silva, S.; Ferreira, T.& Pompêo, M. L. M. (2013). *Diretiva Quadro D'Água: uma revisão crítica e a possibilidade de aplicação ao Brasil*. <https://www.scielo.br/j/asoc/a/Z6zMfSTx3mgzBDLYKZJMT8z/?lang=pt#>
- Carvalho, T. S., Vale, V. A. A., & Souza, K. B. (2022). Impactos económicos da crise hídrica na região metropolitana de Curitiba em 2020. *Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD*, 42(140). <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/1170>
- Castellar A., Torrens A., Buttiglieri G., Monclús H., Arias C., Carvalho P., Galvao A & Comas J. (2022). Nature-based solutions coupled with advanced technologies: an opportunity for decentralized water reuse in cities. *J. Clean. Prod.*, 340, 130660 (DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.130660).
- CE. Comissão Europeia (2011). *Third Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union COM (2007) 414 final SEC (2011) 338 final*. https://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/special_report.pdf
- Cunha, L. V., Oliveira, R. P., Nascimento, J., & Ribeiro, L. (2007). *Impacts of climate change on water resources: A case-study for Portugal*. https://www.academia.edu/77929550/Impacts_of_climate_change_on_water_resources_a_case_study_for_Portugal
- Darre, N.C., & Toor, G.S. (2018) Desalination of Water: a Review. *Curr Pollution Rep* 4, 104-111. <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0085-9>

- Do Ó, A. (2007). *Drought risk management in the Mediterranean under the Water Framework Directive - the example of Algarve (Portugal)*. https://www.researchgate.net/publication/267699993_Drought_risk_management_in_the_Mediterranean_under_the_Water_Framework_Directive_-_the_example_of_Algarve_Portugal
- EIT. EIT Climate-KIC. (2021). *Innovative Solutions to Cope with Water Scarcity - White Paper*. https://observare.autonoma.pt/wp-content/uploads/2021/12/2021.12.12_White-Paper_Water-Scarcity-UE-freepages.pdf
- EMIS. (2020). Sistema de informação energética e ambiental para a Região Flamenga da Bélgica. <https://emis.vito.be/nl/artikel/ecrins-map-project-pinpoints-water-information-europe>
- EPE. (2022). Empresa de Pesquisa Energética. *Relatório Síntese Nacional BEN*. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf
- Espanha. (2004). Water in Spain. *Ministerio del Medio Ambiente*. https://www.miteco.gob.es/eu/agua/temas/planificacion-hidrologica/water-in-spain_tcm35-527170.pdf
- Europa. (2000). Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000. *Diretiva-Quadro da Água*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>
- Europa. (2007). *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council - Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. Document. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0414&from=EN>
- Europa. (2012). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Report on the review of the european water scarcity and droughts policy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0672&from=EN>
- European Commission (EC), Joint Research Centre, Toreti, A., Bavera, D., & Cammalleri, C. (2022a). *Drought in northern Italy March 2022: GDO analytical report*, Publications Office of the European Union. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/781876>
- European Commission (EC) Joint Research Centre, (2022b). *Drought in Europe: July 2022 : GDO analytical report*, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/014884>

- FAO. (2003). Water Reports 23. *Review of World Water Resources by Country*. <https://www.fao.org/3/y4473e/y4473e00.htm#Contents>
- Galvao, J., & Bermann, C. (2015). Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. *Estudos Avançados*, 29(84), pp.43-68. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/104941>
- Garrido, A., & Llamas, M.R. (Eds.). (2009). *Water Policy in Spain* (1 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203866023>
- Gleick, P. H. (1996). Water Resources. In S. Schneider (Ed.). *Encyclopedia of Climate and Weather*. Oxford University Press. (pp. 817- 823).
- Godos, I., Vargas, V.A., Blanco, S., González, M.C.G., Soto, R., Garcia-Encina, P.A., Becares, E., & Muñoz, R. (2010). A comparative evaluation of microalgae for the degradation of piggery wastewater under photosynthetic oxygenation. *Bioresource Technology*, 101 (14), 5150-5158. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.010>
- Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). (2020). IBGE divulga estimativa da população dos municípios para 2020. *Estatísticas Sociais*. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020#:~:text=O%20IBGE%20divulga%20hoje%20as,77%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202019>
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). IPCC.
- Kubiak-Wójcicka, K., & Machula, S. (2020). Influence of climate changes on the state of water resources in Poland and their usage. *Geosciences*. 10(8):312. <https://doi.org/10.3390/geosciences10080312>
- Ladeira, D. L. A., & Benassi, R. F. (2015). Water and electricity crisis between 2014-2015 in the Southeast. *Revista Hipótese*, Itapetininga, v. 1, n.2, (pp. 65-76). <https://revistahipotese.emnuvens.com.br/revista/article/view/37>
- Lei n.º 58/2005 da Assembleia da República (2005). *Diário da República: I série-A*, n.º 249. <https://files.dre.pt/1s/2005/12/249a00/72807310.pdf>
- Lei n.º 14.026/2020 da Presidência da República (2020). *Diário Oficial da União: edição 135, seção 1, p. 1*. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

Leitão, S. A. M. (2008). The Brazilian National Water Resources Law:10-yr attempting IWRM. Any lessons for Canada? In 61st Canadian Water Resources Association (CWRA) Annual Conference, Gimli, Manitoba, Canadá. *Proceedings of the 61st Canadian Water Resources Association (CWRA) Annual Conference*. Ottawa, Canadá: CWRA, v. 1.

Leitão, S. A. M. (2009). Escassez de água na cidade: riscos e vulnerabilidades no contexto da cidade de Curitiba/PR. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-Brasil, 248 p. http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.do?select_action=&co autor=114709

Leitão, S. A. M., & McAllister, M. L. (2010). Participatory Water Management Strategies: Contributions for Canada from Brazil's National Water Resources Policy. In *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. Nº 22, (p.25-35). UFPR, Curitiba, Brasil. <https://pdfs.semanticscholar.org/21ce/913e6df1008578a4ee9c7bcbfbf9247e876d.pdf>

Lerner, G.L.S. & Carpio, L.G.T. (2022). Estudo de Impactos na Geração Hidroelétrica ao longo do rio São Francisco devido à Transposição de suas águas utilizando Modelo Matemático de Fluxos em Rede Acquanet. *Anais do XXXVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO PESQUISA OPERACIONAL*.

Liu X. & Hong Y. (2021). Microalgae-Based Wastewater Treatment and Recovery with Biomass and Value-Added Products: a Brief Review. *Curr Pollution Rep.*, 7, 227-245 (DOI: doi.org/10.1007/s40726-021-00184-6).

Lluria M. (2009). Successful application of managed aquifer recharge in the improvement of the water resources management of semi-arid regions: Examples from Arizona and the Southwestern U.S.A. *Boletín Geológico y Minero*, 120 (2), pp. 111-120.

Lu Z., Loftus S., Sha J., Wang W., Park M., Zhang X., Johnson Z. & Hu Q. (2020). Water reuse for sustainable microalgae cultivation: current knowledge and future directions. *Resour. Conserv. Recycl.*, 161, 104975 (DOI: [10.1016/j.resconrec.2020.104975](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104975)).

Madurga, M. R. L. (1999). Mitos y realidades sobre la crisis del agua en España. *Arbor* CLXIV, 646. pp. 271-284. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1590/1666>

Marecos do Monte H. & Albuquerque A. (2010). Analysis of constructed wetland performance for irrigation reuse. *Water Science and Technology*, 61(7), 1699-1705 (DOI: [10.2166/wst.2010.063](https://doi.org/10.2166/wst.2010.063)).

Marengo, J. A., Nobre, C. A., Seluchi, A. E., Cuartas, A., Alves, L. M., Mendiando, E. M., Obregón, G., & Sampaio, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, 106 (106): 31 <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101/108684>

Mendonça, F. A. (2004). *Impactos Socioambientais Urbanos*. Editora UFPR.

Mendonça, F., & Leitão S.A.M. (2008). Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. In *GeoTextos*, v.4, n. ½, pp. 145-163. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/Riscos_e_vulnerabilidade_socioambiental_urbana.pdf

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional (2004). Projeto de Integração do Rio São Francisco: Relatório de Impacto Ambiental. <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ProjetoRioSaoFrancisco/ArquivosPDF/documentostecnicos/RIMAJULHO2004.pdf>

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional (2022). Projeto de Integração do Rio São Francisco: o Projeto. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/projeto-sao-francisco/o-projeto>

Montero, A. P. (2005). *Brazilian politics. Reforming a democratic state in a changing world*. Polity.

Oliveira, R. P., Nascimento, J., & Ribeiro, L. (2007). Impacts of climate change on water resources: a case-study for Portugal. Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability. *Proceedings of the Fourth InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*, Guimarães, Portugal, Julho 2005). IAHS Publ. 310. <https://iahs.info/uploads/dms/13787.07-37-48-KL3-IC310-Veiga-da-Cunha.pdf>

Olivo, A. M., & Ishiki, H. M. (2015). *Brasil frente à Escassez de água*. Colloquium Humanarum. 11(3), (pp. 41-48). <https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206>

Organização das Nações Unidas (ONU). (2021). *The Sustainable Development Goals Report*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/goal-06>

Pedrero F., Albuquerque A., Amado L., Marecos do Monte H. e Alarcón J. (2011). Analysis of the reclamation treatment capability of a constructed wetland for reuse. *Water Practice and Technology*, 6(3), wpt2011050 (DOI: 10.2166/wpt.2011.050).

POESIA (2000). *POESIA - Programa de Observações Espaciais*. Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA. Brasília, Brasil, 2000. 1 CD-Rom. Série Recursos Hídricos.

Quiggin J. (2006). Urban water supply in Australia: the option of diverting water from irrigation. *Public Policy*, 1 (1), pp. 14-22.

Rebouças, A. C. (2003). Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia Análise & Dados*, 13(esp.), 341-345. <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e9f86828-38da-4701-8905-a7b10ff7775f/1594350.pdf>

Santos, M. (1993). *A urbanização brasileira*. 4. ed. Hucitec. https://professor.ufrgs.br/dagnino/files/santos_milton_a_urbanizacao_brasileira_1993.pdf

Sátiro, J., Leitão, S., Gomes, A., Simões, R., & Albuquerque, A. (2022). Opportunities for microalgae-bacteria Consortium application to the treatment of effluents generated in fiber-waste-based recycling processes. In *1st International FibEnTech Congress (FibEnTech21) - New Opportunities for Fibrous Materials in the Ecological Transition*. Covilhã, Portugal. pp.157-167. <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Materials/issue/view/338>

Schenkeveld, M.M., Morris, R., Budding, B., Helmer, J., & Innanen, S. (2004). *Seawater and brackish water desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia*. World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/890811468002102369/pdf/335150v10Seawater0mainreport1Final2.pdf>

Shingare R., Thawale P., Raghunathan K., Mishra A. & Kumar S. (2019). Constructed wetland for wastewater reuse: role and efficiency in removing enteric pathogens. A review. *J. Environ. Manage.*, 246, 444-461 (DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.157).

Silva, R. T. (2000). Recursos hídricos e desenvolvimento urbano. In: Muñoz, H. R. (org.). *Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997*. 2. ed.

Silva F. (2015). Avaliação da capacidade reativa de solos residuais destinados à infiltração de águas residuais tratadas. (Tese de Doutorado). Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2015.

Silva, J. L., & Samora, P. R. (2019). The impacts of the water crisis on the population of Campinas/SP (2012-2016). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* [on-line]. v. 11, <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20170210>

Silva F., Scalize P., Cruvinel K. e Albuquerque A. (2017). Caracterização de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(1), 95-102 (DOI: 10.1590/s1413-41522016141677).

Silveira, A.P.P., Nuvolari, A., Degasperi, T., & Firsoff, W. (2015). *Dessalinização de águas*. Ed. Oficina de Textos. ISBN 978.85-7975-194-3. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=SWWzCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=dessaliniza%C3%A7%C3%A3o+da+agua+do+mar+e+escassez+de+agua&ots=eD66yRJJCr&sig=FWaPdZKye2avMfPxHqs9LFsZREU#v=onepage&q=dessaliniza%C3%A7%C3%A3o%20da%20agua%20do%20mar%20e%20escassez%20de%20agua&f=false>

Sivakumar, B. (2011). *Water crisis: From conflict to cooperation-an overview*. Hydrological Sciences Journal, 56(4), pp. 531-552. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.580747>

Smakhtin V., Revenga C. e Döll P. (2004). Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-Scale Water Resources Assessments Comprehensive Assessment Research Report 2. Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat, International Water Management Institute.

Soriano, E., Londe, L.R., Gregorio, L.T., Coutinho, M. P., & Santos, L. B. L. (2016). Water Crisis in São Paulo Evaluated Under The Disaster's Point Of View. In *Ambiente e Sociedade*. v. XIX, n. 1, (pp. 21-42). <https://www.scielo.br/j/asoc/a/rqGhjC3WJ3qDgrtQPGMScLK/?format=pdf&lang=en>

Stephens, G.L., Slingo, J. M., Rignot E., Reager, J.T., Hakuba M. Z.; Durack, P.J., Worden, J., & Rocca, R. (2020). Earths's water reservoirs in a changing climate. <https://doi.org/10.1098/rspa.2019.0458>

Tortajada, C., & Biswas, A. K. (2020). COVID-19 heightens water problems around the world, *Water International*, 45(5), (pp. 441-442). <https://doi.org/10.1080/02508060.2020.1790133>

Tucci, C. E. M., Hespanhol, I., & Cordeiro, O. (2001). *Gestão da água no Brasil*. UNESCO

Tundisi, J.G. (2003) *Água no Século XXI: enfrentando a escassez*. RiMa, 2003. 247 p.

Tundisi, J.G. (2008). Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, (pp. 7-16). <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>.

Vanham, D., Hoekstra, A.Y., Wada, Y., Bouraoui, F., Roo, A., Mekonnen, M.M., Van de Bund, W.J., Batelaan, O., Pavelic, P., Bastiaanssen, W.G.M., Kummu, M., Rockström, J., Liu, J., Bisselink, B., Ronco, P., Pistocchi, A., & Bidoglio, G. (2018). Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 "Level of water stress". *Science of The Total Environment*, Vol. 613-614, (pp. 218-232). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.056>

Veyret, Y., & Richemond, N. M. (2007). O risco, os riscos. In VEYRET, Y. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Contexto. (pp. 23-79).

Yang, Shu-Qing. (2022). Chapter 1 - World water crisis and possible solutions, Editor(s): Shu-Qing Yang, *Coastal Reservoir Technology and Applications*, Elsevier. (pp.1-37). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90790-3.00001-8>

Zal, N., Bariamis, G., Zachos, A., Baltas, E., & Mimikou, M. (2017). Use of freshwater resources in Europe - An assessment based on water quantity accounts, ed. Künitzer, A. *ETC/ICM Technical Report 1/2017*, Magdeburg: European Topic Centre on inland, coastal and marine waters, 75 pp.
https://www.researchgate.net/publication/322011370_Use_of_Freshwater_Resources_in_Europe_2002-2014_An_assessment_based_on_water_quantity_accounts

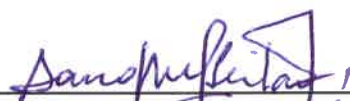




AGRADECIMENTOS

Agradece-se a supervisão do Doutor António Albuquerque, do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade da Beira Interior, e da unidade de investigação “Fiber Materials and Environmental Technologies” (FibEnTech)”, da qual o investigador e supervisor são membros, que apoiou a investigação através do projeto UIDB/00195/2020 (2020 - 2023), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Da mesma forma, agradece-se aos empregadores do investigador, Casa Civil da Presidência da República e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, ambos do Brasil, pela concessão e autorização do afastamento das suas atividades profissionais para a realização do Pós-doutoramento.

Covilhã, 31 de agosto de 2022.



Doutor Sanderson Alberto Medeiros Leitão
O Investigador



Prof. Doutor António João Carvalho de Albuquerque
O Supervisor