

RECURSOS HÍDRICOS

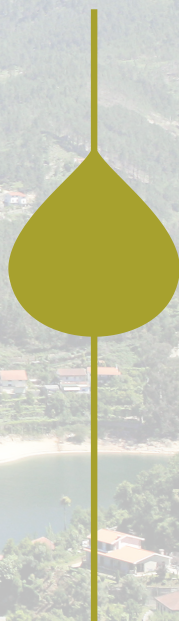
EM PORTUGAL



Coordenação de
JORGE CARDOSO GONÇALVES

RECURSOS HÍDRICOS

EM PORTUGAL



Coordenação de
JORGE CARDOSO GONÇALVES

Título: Recursos Hídricos em Portugal

Edição: APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

Comissão Editorial:

Jorge Cardoso Gonçalves (coordenação)

André Cardoso (edição gráfica)

Ana Estêvão (revisão)

Fotografias:

Francisco Piqueiro (exceto Cap. 5, Qualidade da Água e Ecossistemas - autoria José Maria Santos)

Data da edição: 2025

ISBN: 978-989-8509-50-5 (suporte impresso); 978-989-8509-49-9 (suporte eletrónico)

Os artigos são da responsabilidade dos autores.

APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

a/c Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Av. do Brasil, 101 - 1700-066 LISBOA - PORTUGAL

Tel. 21 844 34 28 | aprh@aprh.pt | www.aprh.pt

ÍNDICE

RECURSOS HÍDRICOS EM PORTUGAL 7

PREFÁCIO..... 9

CAPÍTULO 1

SERVIÇOS DE ÁGUAS..... 10

CAPÍTULO 2

ÁGUA, AGRICULTURA E FLORESTAS 68

CAPÍTULO 3

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 92

CAPÍTULO 4

ÁGUA E ENERGIA 114

CAPÍTULO 5

QUALIDADE DA ÁGUA E DOS ECOSISTEMAS..... 138

CAPÍTULO 6

ZONAS COSTEIRAS E DO MAR 158

CAPÍTULO 7

ÁGUA, TERRITÓRIO E CULTURA..... 184

CAPÍTULO 8

RIOS 202

CAPÍTULO 9

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO NORTE..... 242

CAPÍTULO 10

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO CENTRO..... 268

CAPÍTULO 11

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO SUL..... 300

CAPÍTULO 12

RECURSOS HÍDRICOS NAS REGIÕES AUTÓNOMAS 320

CAPÍTULO 13

CONVENÇÃO DE ALBUFEIRA..... 326

RECURSOS HÍDRICOS EM PORTUGAL

Jorge Cardoso Gonçalves

Presidente da Comissão Diretiva da APRH 2023/25

O livro Recursos Hídricos em Portugal nasce de um desafio que lancei à “tribo da água” da APRH – comissões especializadas, núcleos regionais, associados e especialistas de referência – para, em conjunto, trabalharmos num estado da arte dos recursos hídricos em Portugal. Trata-se de uma obra coletiva, colaborativa e baseada na experiência de quem pensa, investiga e gere os recursos hídricos, na vertente do território, dos serviços urbanos de águas, da agricultura, dos ecossistemas, entre outros. O objetivo foi olhar o país através da água, reconhecendo os progressos alcançados, identificando ameaças, riscos e oportunidades, e apontando caminhos para o futuro.

Os primeiros capítulos percorrem a forma como se organizam e gerem os serviços urbanos de águas, a relação entre água, agricultura e florestas e o papel estruturante das águas subterrâneas e do regadio num contexto de desafios crescentes. No nexo água energia, discute-se como o armazenamento em albufeiras, a produção hidroelétrica e a transição energética se articulam com a necessidade de garantir reservas estratégicas e assegurar os múltiplos usos da água, num contexto de adaptação climática. Cruzam-se dados, experiências e perspetivas que mostram como a eficiência, a digitalização, a monitorização e a modernização dos sistemas são elementos essenciais para a proteção dos recursos hídricos.

A viagem pelos recursos hídricos prossegue com capítulos dedicados à qualidade da água e dos ecossistemas, às zonas costeiras, ao território e à cultura. A gestão adaptativa do território, a proteção dos aquíferos e das linhas de água, a renaturalização de rios e ribeiras e o planeamento figuram como pilares de desenvolvimento. O capítulo sobre rios coloca a questão “temos os rios que queremos?”, abordando as consequências da regularização, artificialização e esquecimento de muitos cursos de água, mas integrando exemplos de restauro, participação pública e novas formas de governança fluvial.

Nos capítulos seguintes, incluem-se os olhares das regiões – Norte, Centro, Sul e Regiões Autónomas – e discutem-se os desafios e as potencialidades das grandes bacias partilhadas com Espanha, no quadro da Convenção de Albufeira. As assimetrias territoriais, os usos urbanos e agrícolas, o turismo, a energia e a proteção dos ecossistemas obrigam a soluções inteligentes e adaptadas ao contexto, apoiadas em conhecimento técnico científico robusto e em instrumentos de planeamento e de cooperação. É neste mosaico de experiências regionais e na reflexão sobre a gestão partilhada da água que se reforça a ideia de que a coesão territorial, a justiça no acesso e a sustentabilidade exigem uma visão supra-setorial, autoridade nacional e cooperação internacional.

Os capítulos deste livro são heterogêneos em âmbito, abordagem e dimensão, sendo resultantes de olhares distintos. Mas é nesta diversidade, no envolvimento e no esforço conjunto desta “tribo da água”, que a obra encontra a sua identidade própria e a sua força. Um estado da arte é, por natureza, incompleto e inacabado, porque a ciência evolui, o contexto muda, os territórios transformam-se e as comunidades elegem novas prioridades.

Criado com inquietação, espírito de missão e trabalho voluntário de muitos, este livro não pretende apresentar caminhos fechados, mas antes abrir novos debates, colocar perguntas e lançar as bases para o desenho de soluções, constituindo um instrumento de apoio para quem decide, estuda, regula, investe ou se preocupa com o futuro da água em Portugal.

PREFÁCIO

Jorge Matos

Presidente da Comissão Diretiva da APRH 2008/09

A APRH tem desempenhado, ao longo de décadas, um papel insubstituível como espaço de encontro e de sinergias entre ciência, técnica, administração e sociedade civil, através de debates, congressos, seminários, conferências e publicações, que têm ajudado a formar sucessivas gerações de profissionais e de decisores no domínio dos recursos hídricos.

À beira de comemorar cinco décadas de existência, esta publicação inscreve-se plenamente nessa tradição intra e intergeracional de transmissão do saber, oferecendo igualmente um retrato sistemático e atualizado dos recursos hídricos em Portugal.

Trata-se do resultado de um enorme esforço coletivo, que mobilizou as diversas Comissões Especializadas e os Núcleos Regionais da APRH, bem como um conjunto de associados e especialistas de referência da nossa comunidade técnica e científica.

A leitura do livro evidencia o caminho notável que Portugal percorreu em matéria de infraestruturas de água e saneamento, de enquadramento legal e institucional e de desenvolvimento do conhecimento técnico e científico no domínio dos recursos hídricos. Em poucas décadas, superaram-se carências básicas e consolidaram-se serviços que, na maior parte do território, asseguram água segura e tratamento de águas residuais à generalidade da população. Fica, porém, claro que este percurso, embora muito positivo, não é suficiente para responder aos desafios que se colocam às próximas gerações. A conjugação dos efeitos das alterações climáticas, da degradação de ecossistemas, da poluição difusa, da pressão sobre águas superficiais e subterrâneas, das desigualdades regionais e das exigências de competitividade económica impõe uma revisão exigente de políticas, de práticas e de prioridades.

Como sublinhado nesta obra, a água atravessa e condiciona setores como os serviços urbanos, a agricultura, a energia, o ambiente, o ordenamento do território, a cultura. Respostas eficazes exigem um modelo de governação multinível e intersetorial, capaz de articular de forma coerente as administrações de região hidrográfica, os municípios, a administração central, as entidades gestoras, o setor empresarial, a academia e as organizações da sociedade civil.

A regulação independente, o planeamento de recursos hídricos orientado para a ação, o investimento em infraestruturas resilientes, a digitalização e o uso inteligente de dados, a proteção e recuperação dos ecossistemas aquáticos e a educação para a água emergem como pilares de uma estratégia de longo prazo. Quem percorre as páginas deste livro encontra problemas claramente identificados, mas também propostas e caminhos possíveis. É, por isso, um livro igualmente orientado para o futuro, alicerçado em sólidas bases de conhecimento, útil a decisores políticos, técnicos de entidades gestoras, académicos, estudantes e a todos os que, no setor público ou privado, têm responsabilidades na gestão da água.

Esta obra contribuirá certamente para consolidar uma cultura de responsabilidade partilhada, em que a água é reconhecida como bem comum e eixo de desenvolvimento sustentável; uma cultura que valoriza o conhecimento, a cooperação institucional, a nível nacional e internacional, a transparência, a participação informada, e que reforça a consciência de que cada decisão sobre este recurso é também uma decisão sobre o futuro do território e sobre o legado que deixaremos às gerações vindouras. Parabéns à APRH por mais esta inspirada e valiosa iniciativa.

CAPÍTULO 1

SERVIÇOS DE ÁGUAS



CONTRIBUTO DA COMISSÃO ESPECIALIZADA DE SERVIÇOS DE ÁGUAS (CESA) DA APRH PARA O ESTADO-DA-ARTE DOS RECURSOS HÍDRICOS EM PORTUGAL. ENQUADRAMENTO

Dália Loureiro¹, Dídia Covas², Eduardo Rodrigues¹, Eduardo Vivas¹, Hélder Costa¹, Jorge Cardoso Gonçalves¹, Luís David¹, Luís Simas³, Nelson Carriço¹ e Octávio Almeida¹

¹ Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

² Instituto Superior Técnico

³ Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR)

A Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) visa promover iniciativas técnico-profissionais que fortalecem a capacitação, a partilha de conhecimento e a melhoria contínua dos serviços públicos essenciais – abastecimento de água, águas residuais e pluviais. Este contributo integra o livro sobre “O Estado da Arte dos Recursos Hídricos em Portugal”, reunindo uma análise atualizada sobre a evolução do desempenho, os desafios e as oportunidades do setor urbano de águas.

Em Portugal, os serviços de águas beneficiam de infraestruturas consolidadas e de elevados níveis de água segura, embora ainda exista potencial de melhoria, em particular nas infraestruturas de águas residuais e pluviais. Estes serviços enfrentam desafios significativos, como a gestão ineficiente de recursos, com perdas de água e afluências indevidas significativas, bem como problemas graves como as descargas industriais sem pré-tratamento para as redes de drenagem. No âmbito do tratamento de águas residuais, uma preocupação crescente é a presença de poluentes emergentes, como substâncias farmacêuticas, que não são eficazmente removidas nas estações de tratamento atualmente em operação, o que constitui uma preocupação relevante. Acrescem os gastos significativos com o consumo de energia e o elevado potencial de melhoria em eficiência energética, bem como as dificuldades financeiras para reabilitar e modernizar as infraestruturas existentes. Além disso, o envelhecimento dos recursos humanos existentes, a dificuldade em atrair jovens para o setor e os desafios impostos pelo monopólio natural do setor podem dificultar a concorrência e a inovação.

Adicionalmente, estes serviços enfrentam ameaças relevantes, como a crescente vulnerabilidade a ciberataques, a intensificação de fenómenos extremos – tais como escassez de água, incêndios e inundações – provocados pelas alterações climáticas. Estes fatores reforçam a necessidade de implementar soluções inovadoras e resilientes, capazes de garantir a sua sustentabilidade a médio e longo prazo.

Apesar deste quadro exigente, existem grandes oportunidades para os serviços de águas em Portugal. Destacam-se a regulação rigorosa dos serviços de águas e dos recursos hídricos, bem como a experiência acumulada por empresas de consultoria, entidades gestoras e entidades do sistema científico nacional, acompanhada por uma crescente consciencialização ambiental da sociedade. Este conjunto de competências tem um elevado potencial de partilha e transferibilidade para outros contextos (e.g., Ibérico, Europa, CPLP, outras regiões do mundo). O avanço tecnológico –

incluindo o uso de IoT, sensorização de múltiplos parâmetros, inteligência artificial e *machine learning* – pode impulsionar a modernização e a digitalização dos serviços, melhorando a eficiência operacional e o cumprimento de planos de ação a médio e longo prazo. Por último, alterações legislativas, nomeadamente no controlo da qualidade da água para consumo humano e no tratamento de águas residuais, também abrem espaço para avanços na qualidade e sustentabilidade dos serviços de águas.

Para enquadrar este contexto, o capítulo foi estruturado em seis subcapítulos, cada um dedicado a uma dimensão crítica para compreender a evolução até à situação atual e os caminhos futuros dos serviços de águas em Portugal. Destacam-se nesta publicação:

- Evolução do setor dos serviços de águas em Portugal, desafios e oportunidades – analisa a trajetória de desenvolvimento dos serviços de águas, em particular após 1993 com a criação dos sistemas multimunicipais.
- Sustentabilidade dos serviços de água num contexto de alterações climáticas – sinaliza as principais ameaças, designadamente as alterações climáticas, e analisa como intensificam as pressões sobre os serviços de água; explora oportunidades para reforçar a sustentabilidade e a resiliência dos serviços de águas.
- Consumo, eficiência energética e descarbonização dos serviços de águas – descreve como o consumo de energia, a eficiência energética e a descarbonização se tornam eixos críticos para reduzir custos operacionais, aumentar a sustentabilidade e acelerar a transição climática dos serviços de águas.
- Os desafios na gestão da qualidade da água (para consumo humano) – enquadra os desafios atuais na gestão da qualidade da água para consumo humano, evidenciando o impacto das alterações climáticas, a presença de compostos emergentes e as exigências crescentes de segurança da água ao longo de todo o sistema de abastecimento.
- O papel da tecnologia para a melhoria da eficiência nas organizações e nos serviços – analisa como as tecnologias digitais e as ferramentas avançadas de monitorização podem aumentar a eficiência operacional.
- O papel de ferramentas avançadas de inteligência artificial na gestão dos serviços de águas - explora como essas ferramentas podem otimizar a operação, apoiar a tomada de decisão e reforçar a resiliência na gestão dos serviços de águas.

Evolução do setor dos serviços de águas em Portugal, desafios e oportunidades

Octávio Almeida

Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

Situação até 1993

A organização da administração local portuguesa tem as suas raízes nas reformas introduzidas na primeira metade do século XIX, pela Revolução Liberal e a consolidação dos estados liberais, após a Revolução Francesa (Oliveira, 2014). O quadro da divisão de atribuições e competências, entre a Administração Central e a Administração, está intimamente ligada à forma do exercício do poder central. Miranda (1976), chama a atenção para a clara separação de poderes referida na Constituição de 1822, objeto de um Capítulo próprio (o II), onde se enumeram, nos artigos 220º a 222º, as atribuições da administração municipal e se refere, entre outras, «a saúde pública, e geralmente todas as comodidades do concelho», incluindo neste ponto, o abastecimento de água e a recolha de lixos.

De 1820 a 1974 (ou mais exatamente até dezembro de 1976, data das primeiras eleições autárquicas), a gestão dos municípios revestiu diversas formas, desde a eleição direta dos Vereadores, à eleição indireta, até à nomeação, pelo Governo, do Presidente e de um Vice-Presidente, sendo nesta última situação, resultante da Constituição Política de 1933, e em especial do Código Administrativo de 1936-1940, que nos encontrávamos no 25 de Abril de 1974 (Oliveira, 2014).

O 25 de Abril de 1974, consagrou, através da elaboração da Constituição da República Portuguesa (CRP), em 1976, como competência das autarquias, a prossecução de interesses próprios das populações respetivas (art. 237º, nº 2) de harmonia com o princípio da descentralização administrativa (art. 239º), apelando, de facto, para o princípio da subsidiariedade, nos termos do qual deve competir às autarquias locais a realização de tarefas administrativas que elas podem cumprir, só sendo utilizado um nível superior de administração pública quando a boa administração assim o exija, conferindo ainda como um dos preceitos chave, o “poder local”, ou como também é designado no texto fundamental do país, a “autonomia das autarquias locais” (Oliveira, 2014).

O texto fundamental dá-nos pontos de referência para o quadro das atribuições e competências, e nesses pontos, confirmados pela atividade legislativa subsequente, encontra-se a prestação de um vasto leque de serviços públicos, onde o legislador incluiu, claramente, a função do Abastecimento de Água, objeto primeiro do presente texto.

Em Portugal, e até à aprovação da legislação com a alteração da delimitação de sectores (1993), a tutela e a gestão dos Sistemas de Saneamento Básico, estava assente nas seguintes experiências:

- Abastecimento de Água – várias formas de gestão, correspondendo a duas tutelas diferenciadas. Em todo o país, exceto no Concelho de Lisboa, e em parte do Concelho de Santiago do Cacém, a distribuição de água domiciliária é da responsabilidade das Câmaras Municipais que se podiam organizar de duas formas: ou criando Serviços Municipalizados, ou procedendo ao abastecimento através de serviços municipais diretos. A tutela é a mesma,

sendo que o funcionamento dos Serviços Municipalizados sempre teve maior autonomia financeira e maior rigor contabilístico. No Concelho de Lisboa, o abastecimento de água, por tradição com quase 180 anos, é assegurado pela Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL), uma empresa privada de capitais totalmente públicos e desde 1993 integrada nas Águas de Portugal, aquando da criação desta última entidade. Até essa data a EPAL dependia diretamente do Governo, na área de tutela do Ambiente.

A criação dos Sistemas Multimunicipais

Os objetivos propostos em 1993, pelo governo português à União Europeia, para a área do Saneamento Básico, estão definidos no Plano de Desenvolvimento Regional (PDR) e foram consagrados no Quadro Comunitário de Apoio II, abrangendo o período de 1994 a 1999.

Estes objetivos tiveram dois vetores a considerar:

- Aproximar Portugal dos níveis médios de atendimento na União Europeia;
- Determinar os valores de investimento necessários para se atingirem os níveis acordados, em função da situação existente no início de 1993, ano da apresentação do PDR.

Portugal, relativamente aos restantes onze parceiros comunitários existentes, quanto ao nível de atendimento no abastecimento domiciliário de água, com base nos dados de 1992, ocupava a última posição da tabela, o mesmo acontecendo com as águas residuais, quer ao nível de recolha quer de tratamento (DGQA, 1992).

Com este quadro de níveis de prestação de serviço à população, e tendo em conta os objetivos definidos até 1999, e integrados no PDR e no Quadro Comunitário de Apoio, foi possível estimar os grandes investimentos necessários a efetuar, por cada área do saneamento básico, e assim quantificar o custo de obter uma situação média comparável à dos nossos parceiros comunitários, sendo certo que as entradas previstas da Áustria, Suécia e Finlândia (1 de Janeiro de 1995), viriam elevar as médias comunitárias de serviço em saneamento básico.

O objetivo definido até final da vigência do QCA II, quanto a índices de atendimento foi o seguinte:

- Água - 95% da população servida com abastecimento domiciliário;
- Qualidade dos serviços, 100% de Bom serviço fornecido.

Pela caracterização da situação em finais de 1992, e pela evolução desde 1976 (institucionalização do Poder Local), o Governo e as Autarquias perceberam que não seria uma tarefa fácil, nem do ponto de vista de meios técnicos, nem do ponto de vista de meios financeiros.

O acesso aos fundos comunitários existentes, apesar de muito elevados, não cobriam, de modo nenhum, as graves carências verificadas em 1994, aquando do arranque do QCA II.

Para se atingirem os objetivos de quantidade e qualidade atrás referidos era necessário envolver verbas em investimento para a construção de obras novas, e também, no caso da qualidade, para a recuperação de parte significativa dos equipamentos já existentes.

Assim, e tendo em conta todo este enquadramento, em finais de 1993 assistimos a uma verdadeira revolução nas formas

organizativas legais no domínio dos equipamentos destas áreas do ambiente e da saúde pública.

O primeiro passo foi dado pelo Decreto-lei nº 372/93, de 29 de Outubro, que alterou a Lei de Delimitação de Sectores permitindo a participação de capitais privados nos equipamentos relacionados com o abastecimento de água para consumo público, recolha, tratamento e rejeição de efluentes e recolha e tratamento de resíduos urbanos, o que permitiu proceder a alterações no regime legal de gestão e exploração dos Sistemas que tivessem por objeto estas atividades, até aí limitadas a uma gestão direta por parte dos Municípios, através dos serviços municipais ou serviços municipalizados.

A publicação do Decreto-lei nº 379/93 de 5 de Novembro, constituiu o passo seguinte e decisivo, porque procedeu a alterações efetivas no ordenamento jurídico. O objeto do diploma consiste no regime de exploração e gestão dos Sistemas Multimunicipais e Municipais de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público, de recolha, tratamento e rejeição de efluentes e de recolha e tratamento de resíduos urbanos (art. 1º, nº 1).

Não se fazia, pois, distinção inicial entre os vários sistemas de áreas diferenciadas. A distinção legal operava, naquele momento, entre Sistemas Multimunicipais e Sistemas Municipais. Este diploma, como aliás o DL 372/93, define os Sistemas Multimunicipais como os “que sirvam pelo menos dois Municípios e exijam um investimento predominante a efetuar pelo Estado, em função de razões de interesse nacional, sendo a sua criação precedida de parecer dos Municípios territorialmente envolvidos” (art. 1º, nº 2).

Os Sistemas Municipais são definidos de modo residual, entendidos como “todos os demais não abrangidos pelo número anterior (os Sistemas Multimunicipais), bem como os sistemas geridos através de Associações de Municípios “ (art. 1º, nº 3).

No regime de exploração e gestão dos Sistemas Multimunicipais e Municipais deve atender-se aos princípios do interesse público, do carácter integrado dos sistemas, da eficiência e da prevalência da gestão empresarial (art. 2º, nº 1), pelo que se mostra obrigatória a ligação aos sistemas previstos para os utilizadores (art. 2º, nº 2), que podem ser os Municípios, no caso dos Sistemas Multimunicipais, e qualquer pessoa singular ou coletiva, pública ou privada, no caso de Sistemas Municipais ou da distribuição direta integrada em Sistemas Multimunicipais (art.2º, nº4).

Após estas considerações de ordem geral sobre o regime de exploração e gestão dos Sistemas Multimunicipais e Municipais das várias áreas de atividade dos equipamentos de ambiente, importa agora diferenciá-los para uma abordagem dos pormenores do seu regime, atendendo ainda às especificidades de cada uma das áreas individualmente consideradas.

Sistemas Multimunicipais

Os Sistemas Multimunicipais caracterizam-se, como já se viu, por:

- Servirem dois ou mais municípios;
- Exigirem investimento predominante por parte do Estado em função de razões de interesse nacional;
- A sua criação ser precedida de parecer dos municípios territorialmente envolvidos.

Quanto à sua exploração e gestão, esta pode ser efetuada através de uma das duas formas previstas no nº 1 do art. 3º do DL 379/93:

- a) diretamente pelo Estado;
- b) em regime de concessão, por entidade pública de natureza empresarial ou por empresa que resulte da associação de entidades públicas, em posição obrigatoriamente maioritária no capital social, com entidades privadas.

No âmbito da captação, tratamento e abastecimento de água para consumo público, foram, pelo próprio DL 379/93, criados os seguintes Sistemas Multimunicipais: Sotavento Algarvio, Barlavento Algarvio, área da Grande Lisboa, Norte da área do Grande Porto e Sul da área do Grande Porto, englobando 55 Municípios, que no seu conjunto significam cerca de 50% da população portuguesa.

Sistemas Municipais

No que à exploração e gestão destes Sistemas diz respeito, tem-se que esta, de modo semelhante ao que vimos acontecer no caso dos Sistemas Multimunicipais, pode ser exercida de uma de duas formas:

- diretamente pelos municípios e associações de municípios (Gestão direta do Município ou suas Associações, ou por Serviços Municipalizados);
- atribuída, em regime de concessão, a entidade pública (Empresas Municipais ou Intermunicipais) ou privada de natureza empresarial, bem como a uma associação de utilizadores (art. 6º do DL 379/93 e alterações posteriores).

A concessão tem um prazo mínimo de 5 anos e máximo de 50 anos (art. 8º) e tem por objeto a exploração e a gestão dos serviços públicos (ou Sistemas) Municipais de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público, recolha, tratamento e rejeição de efluentes e de recolha e tratamento de resíduos urbanos, de modo individual ou conjunto (art. 9º, nº 1 do DL 379/93 e art. 4º do decreto-lei nº 147/95, de 21 de Junho, que regulamenta a concessão de exploração e gestão dos Sistemas Municipais). Esta exploração e gestão abrangem a “construção, extensão, reparação, renovação, manutenção de obras e equipamentos e respetiva melhoria” (art. 9º, nº 2 do DL 379/93), bem como a utilização de obras e equipamentos instalados pelo Município ou Municípios concedentes (art. 9º, nº 3). A concessão confere o exclusivo da exploração do serviço concessionado, para os fins e com os limites consignados no contrato (art. 11º), por conta e risco da concessionária (art. 13º).

O contrato de concessão é precedido de concurso público, com uma exceção prevista no art. 10º do DL 379/93: a concessionária ser uma associação de utilizadores reconhecida como de utilidade pública. Neste concurso, a seleção dos concorrentes obedecerá ao princípio geral do menor custo para os consumidores (art. 8º, nº 1 do DL 147/95) e a adjudicação deve atender ao facto de as empresas concorrentes desenvolverem atividades de relevante interesse local ou nacional (art. 8º, nº 3).

Relativamente à iniciativa e ao poder de conceder o contrato de concessão, há, em nossa opinião, duas situações distintas:

- Nos sistemas multimunicipais, pretendeu-se que a iniciativa fosse do governo, que por via de um decreto-lei, estabelece a concessão, no limite, a uma entidade empresarial privada, com 51% de capitais públicos, com ou sem a concordância dos municípios, pois que **são ouvidos**, sem que esta audição tenha carácter impeditivo ou suspensivo da concessão.

- Nos sistemas municipais, pretendeu-se que a iniciativa fosse das câmaras, e então, a concessão só poderá ser estabelecida por **concurso público**, se for aberto à iniciativa privada, e será também uma concessão automática se for efetuada a uma empresa municipal ou intermunicipal.

Tudo isto é legislado e concretizado (já referimos a existência de vários sistemas multimunicipais criados) sem que seja alterada, pela retirada de responsabilidade das autarquias, a sua competência, relativamente à prestação dos serviços públicos em causa.

A Diretiva-Quadro da Água (DQA)

A Diretiva-Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho) foi aprovada em 23 de Outubro de 2000.

A DQA é o principal instrumento da União Europeia relativa à água, estabelecendo planos de ação de todos os países da UE para a proteção das linhas de água, dos lagos, das águas costeiras e das águas subterrâneas.

A DQA foi transposta para o quadro legal de Portugal através da Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro.

A Lei nº 58/2005, continua a ser a principal referência do setor, em termos de orientações nacionais e comunitárias para a defesa do recurso água.

Compete à Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que integrou as antigas Administrações de Região Hidrográfica (ARH), tal como integrou o Instituto da Água (INAG), velar pelo cumprimento integral dos objetivos da Lei, conceder licenças de utilização e controlar qualquer descarga de águas residuais ou de Resíduos Urbanos (RU) que possam pôr em causa a qualidade dos aquíferos.

A Lei da Água (Lei nº 58/2005), tal como outra legislação anterior, define claramente a hierarquia das utilizações deste recurso, e a captação para abastecimento de água às populações está no topo das prioridades.

PEAASAR I e II – A Infraestruturação – Balanço até 2013

No seguimento da aprovação pela UE da Diretiva Quadro da Água, o governo português (MAOTDR, 2007), aprovou em 2000, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) para vigorar no período 2000-2006.

Este documento desempenhou um importante papel na estruturação do setor em Portugal. Parte significativa das ações previstas nesse documento tiveram o recurso a fundos comunitários no âmbito do 3º Quadro Comunitário de Apoio e no seu período de vigência serviu como um documento orientador dos objetivos e políticas dos diversos governos nesta área (MAOTDR, 2007).

O PEAASAR II, visou dar seguimento às ações encetadas com o documento anterior, e no período de 2007 a 2013 servir também como um documento guia do setor e enquadrar as diversas iniciativas em curso e a iniciar, servindo também para um enquadramento dos fundos comunitários a afetar ao abastecimento de água e saneamento de águas residuais.

O PEAASAR II foi aprovado por Despacho do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, em 26 de dezembro de 2006, após um longo trabalho preparatório de um vasto conjunto de representantes das principais entidades ligadas ao setor.

É importante referir os três objetivos estratégicos que deviam enquadrar os objetivos operacionais e as medidas a desenvolver e que são claramente destacadas no Despacho de aprovação do PEAASAR II, a saber:

- (i) A universalidade, a continuidade e a qualidade do serviço;
- (ii) A sustentabilidade do setor;
- (iii) A proteção dos valores ambientais.

Para se alcançarem estes objetivos estratégicos o governo definiu no referido Despacho os seguintes cinco grandes objetivos operacionais que deveriam ser alcançados durante a vigência do PEAASAR II:

- (i) Servir cerca de 95% da população total do país com sistemas públicos de abastecimento de água;
- (ii) Servir cerca de 90% da população total do país com sistemas públicos de saneamento de águas residuais urbanas, sendo que em cada sistema o nível de atendimento desejável deve ser de pelo menos 70% da população abrangida;
- (iii) Garantir a recuperação integral dos custos incorridos dos serviços;
- (iv) Contribuir para a dinamização do tecido empresarial privado nacional e local;
- (v) Cumprir os objetivos decorrentes do normativo nacional e comunitário de proteção do ambiente e saúde pública.

E finalmente para se alcançarem os objetivos operacionais acima mencionados o Despacho aponta a necessidade de adoção de um conjunto de medidas de que se destacam:

- a) Realizar os investimentos necessários à conclusão e à expansão dos sistemas em “alta” e à continuação da infraestruturação da vertente em “baixa”, com especial enfoque nos investimentos visando a articulação entre ambas as vertentes;
- b) Rever os princípios de enquadramento legal, técnico, económico e financeiros aplicáveis aos sistemas multimunicipais e alargar o leque de soluções institucionais de gestão empresarial;
- c) Promover uma maior integração territorial e funcional de sistemas plurimunicipais vizinhos, de forma a potenciar economias de escala e de gama e mais-valias ambientais;
- d) Promover a criação, na vertente em “baixa”, de sistemas integrados, tanto quanto possível territorialmente articulados com as soluções existentes na vertente em “alta”, e com um regime tarifário uniformizado na área de intervenção de cada sistema, regulamentar a gestão dos sistemas municipais e criar uma Lei de Bases de Concessões em “baixa”;
- e) Implementar as disposições da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, Lei da Água, diretamente relacionados com o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais e incentivar o uso eficiente da água e o controlo e a prevenção da poluição;
- f) Estimular o investimento privado e promover a concorrência, com especial destaque para um alargamento e dinamização muito significativa do mercado dos contratos de exploração e de prestação de serviços, promovendo assim o desenvolvimento do tecido empresarial nacional e local;
- g) Reforçar e alargar o âmbito dos mecanismos de regulação de serviços e de regulação ambiental e de inspeção.

Finalmente, de salientar no Despacho de aprovação do PEAASAR, a referência aos previsíveis valores de investimento envolvidos para se cumprirem os desígnios deste documento:

- 1) Os investimentos a realizar na vertente em “alta” até 2013 foram estimados em cerca de 1.600 Milhões de euros;
- 2) Na vertente em “baixa” a estimativa de investimentos prioritária a realizar no período (2007-2013) foi estimada em cerca de 2.200 Milhões de euros.

A estimativa de comparticipação de fundos do QREN, para os investimentos acima referidos, era de 2.100 Milhões de euros (ou seja 55,26%), o que quer dizer que os restantes 1.700 milhões de euros deveriam ser provenientes de fundos próprios, ou do recurso a financiamento bancário.

Para se perceber a repartição de responsabilidades que os citados objetivos acarretavam importa aqui referir onde começam e acabam os designados sistemas em “alta” e “baixa” referidos no Despacho de aprovação e em todo o texto do PEAASAR II.

Para o efeito servimo-nos do Preâmbulo do DL 379/93 de 5 de novembro, que define a criação dos sistemas multimunicipais e municipais, tanto para o abastecimento de água como para o saneamento de águas residuais ou de resíduos sólidos.

Para o referido Decreto-Lei, são considerados Sistemas Multimunicipais (SMM) os sistemas que servem pelo menos 2 municípios e exigem um investimento predominante a efetuar pelo Estado, em função de razões de interesse nacional, sendo considerados sistemas municipais todos os demais não abrangidos pela definição dos SMM, bem como os geridos por associações de municípios. Ou seja, o que define os sistemas não é fundamentalmente a sua área geográfica de atuação (pois há sistemas municipais que abrangem vários municípios), mas a entidade a quem é aduzida a responsabilidade do investimento (e posterior gestão), neste caso, o Estado de um lado (nos SMM) e os municípios, ou suas associações, no outro.

Por natureza, os SMM são sistemas em “alta” (a montante da distribuição de água ou a jusante da coleta de esgotos). Por diferença, os sistemas em “baixa” situam-se a jusante do tratamento de água e a montante da coleta de águas residuais.

Enquanto os SMM são, como se disse, sistemas tradicionalmente em “alta” (havendo, contudo, algumas exceções pontuais, por razões históricas, como é o caso da EPAL em Lisboa e as Águas de Santo André, em Santiago do Cacém), os sistemas municipais podem agregar as duas funções de “alta” e “baixa”, caso seja um sistema de um ou vários municípios que capte, trate e distribua a água até ao consumidor final.

A EPAL tem a sua origem na CAL – Companhia de Águas de Lisboa, constituída em 1868 como concessionária do abastecimento de água à cidade de Lisboa até 1974, sendo então sucedida pela EPAL – Empresa Pública das Águas de Lisboa. Em 1991, a EPAL é transformada em sociedade anónima de capitais integralmente públicos, passando a denominar-se EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA. que, em 1993, é integrada no Grupo AdP.

A Figura 1, retrata o ciclo da água e as diversas fases de cada um dos processos, sendo que por vezes não é completamente clara e uniforme a divisão da “alta” e “baixa”, em especial no abastecimento de água, no que se refere à adução e ao armazenamento, que nuns sistemas se situam na “alta” e noutros casos na “baixa”, ou até nas duas funções, dependendo do *lay-out* da rede e território. A montante da Captação terá que haver uma massa de água (Rio, lago, albufeira, água subterrânea ou até o mar), e que a jusante do destino final da água residual tratada, haverá novamente uma massa de água, ou o solo para infiltração.

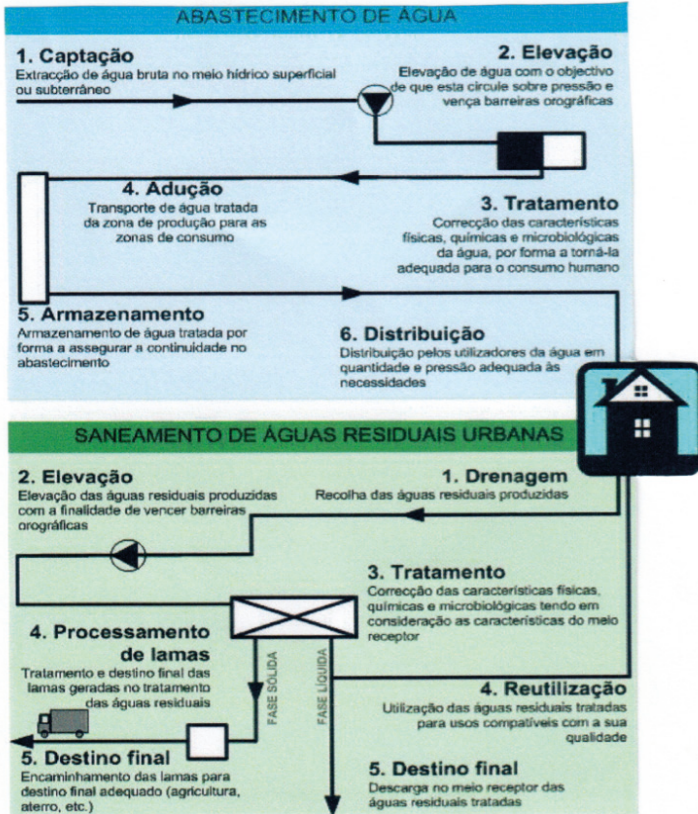


Figura 1 - Ciclo da Água
Fonte: Adaptado do Portal da ERSAR

Assim, onde há SMM, que na presente data cobrem cerca de 80% da população portuguesa (dados do Portal da AdP, de 2017 e referidos a 2016), é, ou foi o Estado, o responsável pelos investimentos em “alta” e depois, os municípios (de modo direto ou através de concessão municipal) são os responsáveis pela rede em “baixa”, com a distribuição de água aos munícipes (domicílios, atividades económicas e outras entidades).

No mapa seguinte (Figura 2) pode ver-se a cobertura dos SMM existentes no abastecimento de água e saneamento de águas residuais, até 2014, quando se procedeu a um movimento de fusão e agregações, já parcialmente anulado em 2017.

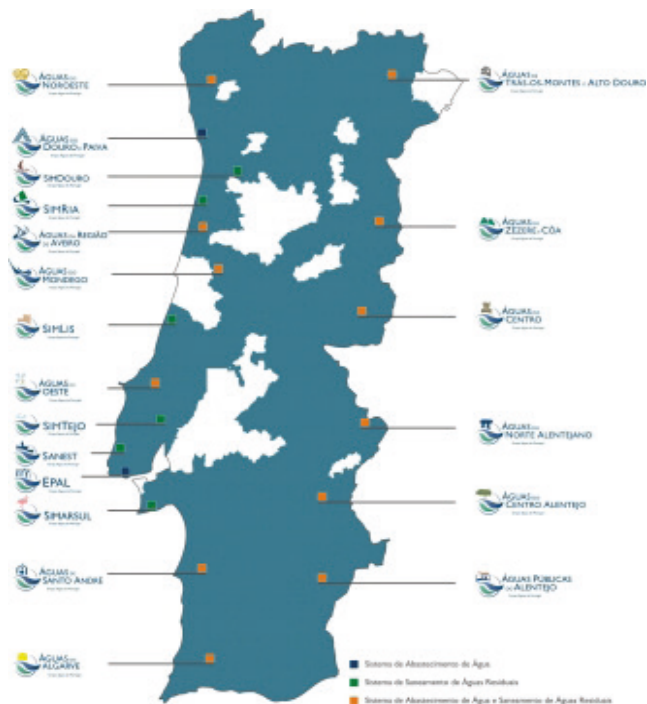


Figura 2 – Abastecimento de Água, Portugal.
 “Alta” e Parcerias Público-Público (2012)
 Fonte: Mapa retirado do Portal da AdP¹

De notar, que das empresas constantes no mapa, duas não são SMM, a saber: as Águas da Região de Aveiro (AdRA), empresa resultante de uma parceria da AdP e dos municípios da região para a “baixa” (distribuição de água e coleta de efluentes) e as Águas Públicas do Alentejo (AgdA), empresa resultante de uma parceria da AdP e dos municípios de todo o distrito de Beja e parcialmente de municípios dos Distritos de Setúbal e Évora, que não estavam integrados em SMM já constituídos. A atividade desta última empresa (AgdA) é para as funções em “alta”, mantendo-se a distribuição de água e coleta de efluentes, na responsabilidade dos municípios associados na parceria.

Salvo as manchas, em especial no Ribatejo, na região litoral centro e no Distrito de Viseu, todos os grandes centros populacionais estão cobertos com SMM ou com parceria com a AdP.

Vendo as datas de constituição das diversas empresas indicadas no mapa, vemos que durante a execução do PEAASAR II, pouco mudou para um quadro anterior a 2007. As alterações ao mapa da Figura 2 vieram a produzir-se em 2014, já aquando da preparação do PensaAR 2020.

1 Mapa retirado do sítio da AdP (www.adp.pt). [04.04.2014].

Os SMM são criados por Decreto-lei, e consultado o Portal da AdP sobre a evolução dos sistemas multimunicipais, vemos que somente um foi constituído durante a vigência do PEAASAR II – a Simdouro, criada pelo DL 312/2009 de 27 de outubro, para o tratamento de águas residuais de vários municípios do grande Porto.

As outras duas empresas resultam de parcerias, entre o Estado e municípios de duas regiões, ao abrigo de orientações políticas entretanto transmitidas à AdP, conforme se prometia no Despacho de aprovação do PEAASAR II.

A AgdA – Águas Públicas do Alentejo, foi criada a 25 de setembro de 2009 e a AdRA - Águas da Região de Aveiro iniciou a sua atividade a 1 de maio de 2010. A AgdA alarga a intervenção do Estado, numa empresa que não é um SMM, mas cobre a maior parte do Alentejo, e tem uma função de serviço em “alta”.

Das três empresas citadas (Simdouro, AgdA e AdRA) só a última corresponde a uma alteração clara da atuação vivida desde 1993 (legislação que possibilitou a criação dos SMM e dos sistemas municipais), pois a AgdA é uma empresa bastante semelhante aos Sistemas Multimunicipais só que resulta de uma orientação política diferente (Parceria do Estado com os Municípios) mas dentro do mesmo quadro legislativo de enquadramento já existente desde 1993.

A AdRA, resulta também de uma parceria, mas a principal característica é que se dirige para as funções de distribuição de água à população e de drenagem de águas residuais, ou seja, agrupou numa empresa única as funções normalmente desempenhadas pelos 10 municípios aderentes.

Vendo a situação no final de 2006, quanto à cobertura territorial dos SMM e a situação atual é fácil perceber os valores de população coberta por sistemas em “alta” de cerca de 80%², não foi muito difícil de conseguir. E como a situação em 2006 já era considerada bastante razoável, relativamente aos valores de cobertura de população com água potável de boa qualidade, não admira pois os dados apresentados pelo INE na sua edição “Portugal em números - 2010”, de 2012 quando se refere que em 2009, já 96% da população do Continente estava abrangida por sistemas públicos de abastecimento de água, com um mínimo de 92% na Região Norte, e um máximo de 100% em Lisboa e Vale do Tejo. Neste documento não temos dados das Regiões Autónomas, mas na documentação emitida pelo INSAAR (INAG, 2011) podemos ver que quer a Madeira quer os Açores estão também claramente acima dos 95%, meta do PEAASAR II para 2013. Os Açores estão já em 2009 acima de 98% e a Madeira está ainda um pouco mais acima com 99% de cobertura de abastecimento de água.

As metas do PEAASAR II (que terminou em 2013) para o abastecimento de água foram assim desde 2009, totalmente atingidas. De 2006 a 2009 (dados do INSAAR) o crescimento foi sustentado, passando de um pouco mais de 90% para mais de 96% em 2009, ao nível do total nacional.

Na Figura 3, podemos visualizar a evolução da cobertura do Abastecimento de Água entre 1993 e 2009, ano em que as metas acordadas com a UE foram cumpridas.

2 Segundo Pato, J.H., (2011) “História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal”, em 1975 o índice de abastecimento de água era de 40% da população e o índice de cobertura da população com serviço de esgotos era de somente 17%.



Evolução da População Servida por Sistemas de Abastecimento de Água em Portugal

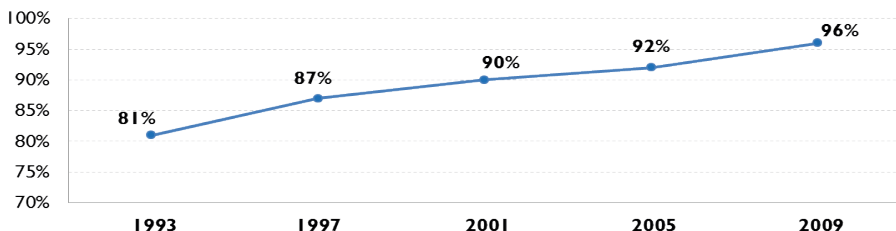


Figura 3 - Evolução da cobertura de Abastecimento de Água

Fonte: ERSAR – “Relatório Anual sobre o Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano” vol1

Na Tabela 1, temos a situação em 2010, em termos de Qualidade da água fornecida em “alta”, com um mínimo superior a 98% de análises cumprindo todos os Valores Paramétricos (VP) legais, onde é evidenciada a boa situação nacional. Das 19 entidades gestoras a funcionar em “alta” em 2010, 17 tinham análises conforme com valores superiores a 99% e as restantes duas situavam-se entre os 98% e os 99% de análises conforme os VP.

Em termos de infraestruturação, em especial nos chamados sistemas em “alta”, a situação em menos de trinta anos, passa de deficiente a muito boa, como se pode ver da evolução dos dados da Figura xx e da Tabela xx. A preocupação quanto ao Abastecimento de Água em “alta” deixa de ser a infraestruturação, mas a Eficiência do sector, que assegure a sua Sustentabilidade.

Quanto ao abastecimento de água, se o principal objetivo estava conseguido, faltava analisar ainda muitos outros, igualmente importantes, e o mais importante deles refere-se à qualidade da água fornecida à população. Mas para este indicador não há dados no INE nem no INSAAR. Recorremos pois a informação da ERSAR.

Como se pode ver na Tabela 1, só duas entidades gestoras de sistemas em “alta” não realizaram todas as análises regulamentares, mas a que tem a percentagem mais baixa, está acima de 95% de realização e tem que ser tomada em conta que foi uma empresa criada em 2009, e, portanto, ainda em fase de arranque no final do PEAASAR II.

E do conjunto das EG, a percentagem menor de análises conformes, situa-se nos 98,8% e a esmagadora maioria está acima dos 99% de cumprimento. Podemos, pois, concluir que nos sistemas em “alta” a situação em 2010 é já francamente positiva e quase a atingir o limite máximo de qualidade.

Nos sistemas em “baixa”, na maioria, serviços municipais, a situação é mais complexa pois como se pode ver no Portal³ da Entidade Reguladora do setor, que tem a responsabilidade e competência de aferir a qualidade da água potável fornecida em Portugal, em 2010 temos dados de 375 Entidades Gestoras (que representam mais de 10 milhões de habitantes de

3 <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/relatorio-anual-do-setor>

Portugal Continental, não havendo dados de qualidade da água fornecida nas Regiões Autónomas, pelo menos recolhidos e tratados pela entidade reguladora do setor).

Tabela 1 - Qualidade da Água em 2010 (sistemas em "alta")

Entidade Gestora	Totais				
	% de análises realizadas em relação ao regulamentar	Nº de análises realizadas com VP	Nº de análises em cumprimento VP	Nº de análises em incumprimento VP	% de análises em cumprimento VP
Águas de Santo André	100,00	236	236	0	100,00
Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	99,68	4433	4423	10	99,77
Águas do Algarve	100,00	6201	6197	4	99,94
Águas do Ave	100,00	2472	2427	45	98,18
Águas do Cávado	100,00	2662	2659	3	99,89
Águas do Centro	100,00	5052	5041	11	99,78
Águas do Centro Alentejo	100,00	1049	1044	5	99,52
Águas do Douro e Paiva	100,00	8013	8008	5	99,94
Águas do Minho e Lima	100,00	836	834	2	99,76
Águas do Mondego	100,00	1924	1921	3	99,84
Águas do Norte Alentejano	100,00	1845	1836	9	99,51
Águas do Oeste	100,00	7364	7361	3	99,96
Águas do Vouga	100,00	872	872	0	100,00
Águas do Zêzere e Côa	100,00	3690	3687	3	99,92
Águas Públicas do Alentejo	95,08	2464	2424	40	98,38
AM de Enxóe	100,00	141	141	0	100,00
AMCAL	100,00	195	194	1	99,49
EPAL	100,00	16748	16728	20	99,88
ICOVI	100,00	1481	1479	2	99,86

Fonte: ERSAR, 2011. RASARP vol4

Os mapas da ERSAR relativamente aos sistemas em “baixa” (distribuição de água) estão por Concelho e dentro de cada Concelho pelas diversas entidades gestoras a operar (Em 2010 ainda havia várias Juntas de Freguesia e Associações de Consumidores com a tarefa de Distribuição de Água). Fez-se, pois, um exercício de aglomeração de dados por Distrito, para elaborar um mapa enquadrável no presente texto.

Tabela 2 - Qualidade da Água em 2010 (sistemas em “baixa”)

Distrito	Pop. total abastecida (hab.)	Totais por Distrito					
		Nº de análises regulamentares obrigatórias	Nº de análises realizadas obrigatórias	% de análises realizadas em relação ao regulamentar	Nº de análises realizadas com VP	Nº de análises em cumprimento VP	% de análises em cumprimento VP
Aveiro	659770	34437	34025	98,80	26240	25103	95,67
Beja	159694	19250	20380	100,00	15562	15112	97,11
Braga	876521	36434	37494	100,00	28860	28111	97,40
Bragança	153688	33706	33974	100,00	25912	25370	97,91
Castelo Branco	210700	23142	23292	100,00	17684	17104	96,72
Coimbra	481446	33011	34508	100,00	26201	25571	97,60
Évora	163315	10850	11073	100,00	8489	8422	99,21
Faro	623805	24309	24944	100,00	19408	19269	99,28
Guarda	178022	18420	18638	100,00	14148	13691	96,77
Leiria	500888	22262	23502	100,00	18320	18104	98,82
Lisboa	2228638	60065	66443	100,00	53154	52906	99,53
Portalegre	126968	12988	13808	100,00	10573	10279	97,22
Porto	1918398	41566	42818	100,00	32492	32133	98,90
Santarém	459542	33262	37959	100,00	29497	29100	98,65
Setúbal	843369	29267	30695	100,00	23450	23289	99,31
Viana do Castelo	252544	23870	25696	100,00	19873	19275	96,99
Vila Real	229467	52901	52521	100,00	39540	37501	94,84
Viseu	464666	46633	47933	100,00	36556	34921	95,53
Continente	10531441	556373	579703	100,00	445959	435261	97,60

Fonte: ERSAR, 2011: RASARP, vol4

Também nos sistemas em “baixa”, a qualidade da água fornecida tinha já em 2010 valores francamente positivos. Somente no Distrito de Aveiro não foi realizada pelas Entidades Gestoras a totalidade das análises à qualidade da água, de acordo com a legislação em vigor, na sua totalidade Câmaras Municipais, na medida em que a AdRA tem uma criação posterior aos dados tratados pela ERSAR. Nos restantes Distritos do Continente realizaram-se mais análises do que as obrigatórias, cobrindo todos os parâmetros exigidos pela ERSAR. Das análises efetuadas em 2010 (556.373 análises) 97,60% cumpria com os respetivos valores paramétricos de qualidade, de acordo com a legislação nacional. A distribuição geográfica é também bastante uniforme, com um valor mínimo de 94,84% em Vila Real e um máximo de 99,53% em Lisboa, situação em constante evolução positiva desde 1993, conforme se pode visualizar na Tabela xx. Dados do *Social Progress Index*, já de 2017, adiantam valores superiores a 99% para a água de boa qualidade na torneira do consumidor.

Pode-se pois afirmar, que quer quanto aos índices de cobertura, quer quanto à qualidade da água fornecida, Portugal cumpriu as metas previstas no PEAASAR II, no mínimo 3 anos antes do prazo fixado. Os problemas relativamente ao abastecimento de água prendiam-se e prendem-se com outras questões que veremos adiante e que é fundamentalmente a insustentabilidade atual de parte do setor, tal como está organizado e gerido.

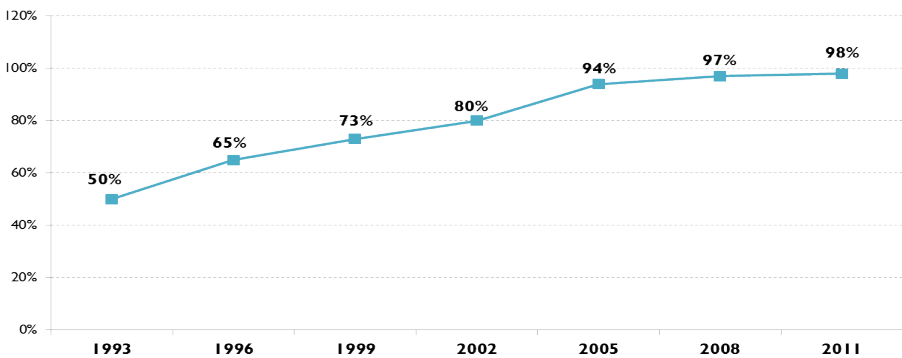


Figura 4 - Percentagem de água controlada e de boa qualidade
Fonte: ERSAR "Relatório Anual sobre o Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano" 2012.

Problemas identificados

Na Tabela 3 incluem-se os dois pontos realizados e que nos parecem mais importantes, bem como a indicação de algumas medidas preconizadas no PEAASAR II e que no final do seu período de vigência se encontravam por realizar. Incluem-se somente na tabela os aspetos interligados com a sustentabilidade dos sistemas. Muitas outras questões preconizadas no PEAASAR ficaram também por realizar, nomeadamente as que se referem a medidas legislativas e parcerias a estabelecer entre o Estado e os Municípios.

Mas, como se pode constatar, há ainda muito a fazer para se alcançarem todas as metas do PEAASAR II, fundamentalmente no domínio do tratamento das águas residuais, mas não é ao nível dos objetivos operacionais que existem os maiores problemas.

A universalidade e qualidade do abastecimento de água está praticamente garantida a toda a população e a drenagem e tratamento de águas residuais vai avançando, com ritmo mais lento.

Tabela 3 - Ponto de situação de Execução do PEAASAR II

O que foi realizado	O que ficou por realizar
Significativo alargamento do serviço (96% da população coberta com rede domiciliária)	A dispersão de Operadores (ainda mais de 400 no final de 2013) e a fraca capacidade humana técnica e financeira da sua esmagadora maioria
Quase 100% de água com Qualidade, desde 2011	A dívida crescente das autarquias aos Sistemas Multimunicipais (SMM) e os consequentes conflitos
	A divisão exagerada entre “alta” e “baixa”
	A divisão entre água e saneamento
	A enorme diferenciação tarifária Litoral vs. Interior
	O chamado “défice tarifário”
	Reduzidos investimentos na rede de distribuição e o fraco aproveitamento do Fundo de Coesão a partir de 2009
	Manutenção de elevadas perdas na rede
	A ausência do reforço das funções do Regulador e da sua independência

Fonte: Adaptado do Despacho Ministerial que cria a Comissão do PENSAAR 2020

Dizendo de modo diferente, ao nível das infraestruturas e das metas operacionais, a evolução até final do PEAASAR II foi muito positiva.

Os principais problemas identificados pelas diversas entidades intervenientes centram-se nos seguintes objetivos e ações do PEAASAR II onde pouco ou nada se avançou, e nomeadamente:

Na reestruturação do setor, existindo ainda mais de 400 operadores. Esta “pulverização” de operadores em nada ajuda a criar uma dimensão para os sistemas, com capacidade técnica e financeira para evoluírem e responderem às crescentes exigências, nomeadamente em termos de eficiência económica e financeira e de qualidade de serviço. Segundo dados da APDA de 2010, em 2009, o número médio de clientes domésticos para as EG – Município – é de 3.095. Este número revela a diminuta dimensão da maioria dos agentes do setor;

A insustentabilidade económico-financeira do setor, em várias vertentes, mas onde a mais importante é que as tarifas cobradas, quer no abastecimento de água mas em especial no saneamento, não cobrem os custos. A débil situação financeira de muitas autarquias pode levar à degradação do serviço. Segundo dados do INSAAR 2010 (INAG, 2011), em 2007 os Proveitos Totais Unitários do abastecimento de água (Euro/m³), estavam ligeiramente acima dos Custos Totais

Unitários (Euro/m³), mas em 2008 as linhas de evolução cruzam-se e em 2009 os Custos estão já claramente acima dos Proveitos. A médio prazo é a qualidade de serviço que ficará em risco, com óbvias desvantagens para a população e para o ambiente. E aqui falamos em valores médios no país. Há situações onde há um excedente e outras situações onde há um défice enorme, injustificável e insustentável.

Segundo a APDA:

A Lei da Água, na esteira da Diretiva-Quadro da Água, estipula que o regime económico-financeiro do sector deve promover a utilização sustentável dos recursos hídricos, bem como defende a aplicação dos princípios do utilizador-pagador e do poluidor-pagador, visando a internalização dos custos e a sua recuperação, incluindo a dos custos da escassez.⁴

APDA, (2010:16)

Reflexo do que foi dito anteriormente, é a dívida dos sistemas em “baixa” (fundamentalmente municípios) aos sistemas em “alta”, SMM de responsabilidade da AdP.

Pelos dados do sítio da Internet da AdP as dívidas ascendiam no final do PEASAAR II a cerca de 450 M€. A juntar a esta dívida das EG deve ser tido em conta o chamado “défice tarifário”, ou seja o diferencial entre as tarifas aprovadas pelo regulador – a ERSAR – e os valores que suportam a viabilidade económico-financeira dos operadores. O défice tarifário dos SMM ascendia a mais de 100 M€, até final de 2011, segundo dados da AdP, reconhecidos pela ERSAR.

A divisão entre os sistemas em “alta” e os restantes (“baixa”), que fez sentido em 1993, para o Estado assumir uma responsabilidade na construção de infraestruturas mais “pesadas” e se poderem aproveitar os fundos comunitários disponíveis, elevando os níveis de serviço, devem agora ser questionados.

O PEAASAR II apontou a via da “verticalização” do setor, ou seja, uma única entidade desempenhando todas as tarefas, de baixo para cima ou de cima para baixo, quer se trate do abastecimento ou das águas residuais. Essa via da integração dos subsistemas, que se pensava ser de alargar a todo o país só foi conseguida em Aveiro, até à presente data, com a constituição da AdRA, em 2010 e a cinco Municípios que contratualizaram as Águas do Norte para as funções de gestão da sua rede de distribuição.

Estamos assim a falar num processo de verticalização envolvendo 15 Municípios num total de 308.

O estudo da ERSAR, designado por Fundo de Equilíbrio Tarifário⁵, apontava para um tarifário único nacional a conseguir em vários anos, com uma progressiva harmonização tarifária, que poderia ser de imediato conseguida em “alta”, pois são poucos os SMM e todos dependentes duma só entidade (Governo, via AdP) e progressivamente alargada ao consumidor final, ou por alargamento do conceito ou pela via já focada da “verticalização” do setor.

4 APDA, “Água e Saneamento em Portugal – O Mercado e os Preços - 2010”, pg. 16.

5 ERSAR (2010). “*Moderação Tarifária nos Serviços de Água e Resíduos em Portugal Continental – Fundo de equilíbrio tarifário (FET)*”, ERSAR, abril 2010.

Quanto à reorganização do setor com a concentração de operadores, a verticalização dos sistemas, e a utilização da figura criada de parcerias entre o Estado e os Municípios, podemos afirmar que quase nada foi feito e nesse aspeto os objetivos do PEAASAR II ficaram por atingir em 2013, sua data limite de validade.

Mas o PEAASAR II também, com todas as limitações já referidas, mostrou ser um importante instrumento de apoio ao desenvolvimento do setor, com propostas muito válidas nos aspetos técnicos, sociais e ambientais. Pena é que não tenha sido totalmente realizado nos seus objetivos.

Propostas que transitaram do PEAASAR II para o PENSAAR2020

As propostas decorrem obviamente dos problemas detetados em 2013 e referidos nos pontos anteriores.

Assim, as principais ações a empreender até 2020 para integral cumprimentos dos objetivos que não foram atingidos no PEAASAR II são:

- Avançar nas intervenções da rede de distribuição de modo a diminuir as perdas, pela sua importância económica e ambiental;
- Aproveitar os fundos comunitários ainda disponíveis no PO SEUR e noutros programas do QREN;
- Avançar com a integração territorial das soluções (proceder a uma gestão por bacia hidrográfica tal como defende a DQA e a Lei da Água);
- Avançar para a verticalização do setor e integração do ciclo da água na mesma EG;
- Avançar com uma política de harmonização tarifária, com um escalonamento temporal adequado a cada situação, implementando as propostas da ERSAR ou outras que se estudem;
- Reforçar e alargar o âmbito dos mecanismos de regulação de serviços e de regulação ambiental e de inspeção. Segundo Marques (2011), o modelo português de organização do setor tem absoluta necessidade de um regulador forte e independente;
- Envolver os municípios e a sociedade na discussão e implementação das soluções futuras.

Assim, a participação alargada, em particular em setores sensíveis como é o caso do abastecimento de água, deve envolver a sociedade, as Organizações Não Governamentais, as Universidades e todos os centros do saber, as empresas e cada um de nós, como consumidor e cidadão.

As fusões e reversões de 2014 a 2017

No Programa do XIX Governo Constitucional para vigorar no país de 2011 a 2015, constavam alterações significativas no ordenamento institucional do setor da água, saneamento de águas residuais e Resíduos Urbanos (RU).

Essas alterações ao sistema vigente até às eleições de 2011, derivaram, fundamentalmente do Programa do Partido Social Democrata (PSD), partido maioritário na coligação que governou o país nessa legislatura.

Relativamente aos RU os Programas (PSD e Governo) previam a venda/privatização da Empresa Geral de Fomento (EGF), sub-holding do Grupo AdP para os RU, acionista maioritária, por parte do Estado, em todos os SMM do setor.

Quanto ao Abastecimento de Água e concretamente quanto ao futuro da AdP, pode ler-se no Programa do PSD⁶ para a XIX Legislatura:

3. Serviços de Utilidade Pública

...No caso das **Águas de Portugal**, prevê-se uma revisão do seu modelo societário (atualmente participado pelo Estado e por várias autarquias ao nível das empresas regionais da *holding*), estudando uma eventual concentração de sociedades, com vista a obter ganhos de eficiência e a definição de um programa de alienações parciais.

PSD, (2011:156)

Esta orientação geral de concentração de sociedades com vista a obter ganhos de eficiência e a definição de um programa de alienações parciais, deu depois origem a programas, tarefas e ações mais detalhadas.

Em Março de 2012, a AdP apresentou aos seus quadros um Documento de Estratégia onde se definiam tarefas e datas para a referida concentração de sociedades e programa de alienações parciais.

Nesse documento de estratégia⁷ era preconizado:

Fomentar a abertura a privados e concorrência nos setores, com a abertura a ser realizada num espaço de 1 a 2 anos através da concessão de sistemas integrados, nas águas, ou da abertura do capital, nos resíduos e também que o número de regiões deveria maximizar a escala e a viabilidade económica, ao mesmo tempo que deve garantir a coexistência de diversos *players* nos setores.

Quanto ao primeiro ponto e concretamente quanto à reorganização da EGF para a sua privatização total e imediata, após a referida reorganização, as tarefas passavam quase simplesmente pela resolução das dívidas das Autarquias e pela resolução com a ERSAR do Déficit Tarifário;

Quanto ao novo modelo para o Abastecimento de Água ele assentava em 3 Fases, a saber:

Fase 1: Fusão de Sistemas Multimunicipais (SMM) em “alta”;

Fase 2: Verticalização com a integração das baixas nos SMM criados na Fase 1;

Fase 3: Concessão a privados mediante a atribuição de subconcessões.

Para além destas Fases com tarefas internas ao Grupo AdP, para o setor do abastecimento de água e águas residuais, também se colocavam as questões das dívidas das autarquias e do Déficit Tarifário, para tornar as novas empresas economicamente viáveis e financeiramente saudáveis. Estas últimas tarefas (Dívidas e Déficit) passavam por medidas legais da Assembleia da República ou do Governo, a serem implementadas pela Entidade Reguladora.

6 “Mudar Portugal – Recuperar a credibilidade e desenvolver Portugal” – Programa Eleitoral do PSD para as eleições legislativas de 2011, página 156.

7 Reunião de Quadros da AdP de Março de 2012. Texto posteriormente divulgado na Comunicação Social pela AdP.

Foram definidas todas as tarefas para um horizonte de 3 anos e nesse período, de facto, a EGF foi privatizada, por venda a um dos concorrentes privados do Concurso Internacional então aberto pela AdP⁸.

Quanto ao Setor das Águas (AA e Saneamento de águas residuais), e quanto à primeira tarefa (Fusões) foram extintas várias sociedades, por fusão e constituídas 3 novas sociedades, a saber:

- Águas do Norte⁹; - Águas do Centro Litoral¹⁰; - Águas de Lisboa e Vale do Tejo¹¹.

Mantendo-se do quadro institucional anterior as seguintes sociedades:

- Águas da Região de Aveiro (AdRA); - EPAL; - Águas de Santo André; - Águas Públicas do Alentejo (AgdA); - Águas do Algarve

A primeira empresa (AdRA) é uma parceria Estado/Autarquias para a gestão da rede de distribuição de 10 municípios da região de Aveiro; a EPAL, empresa totalmente estatal, para o Concelho de Lisboa, como responsável da distribuição em “baixa”, e também como abastecedora de Água em Alta e entrega da mesma a 35 municípios em Alta (incluindo Lisboa) – 17 clientes municipais abastecidos diretamente e os restantes abastecidos por via de duas entidades gestoras multimunicipais – a Águas do Vale do Tejo e a Águas do Ribatejo (Relatório & Contas da EPAL, 2023).

A EPAL desenvolve a sua atividade numa área geográfica que se estende desde a albufeira de Castelo de Bode até aos concelhos limítrofes de Lisboa; finalmente a AgdA é também uma parceria Estado/Autarquias mas neste caso para a “alta”, e como as autarquias associadas na AgdA (mais de 20) não concordaram num processo de fusão com as Águas do Algarve e com as Águas de Santo André, ficaram as três empresas (AgdA, Águas do Algarve, Águas de Santo André) com as mesmas atribuições e áreas geográficas de influência que já tinham.

Todas as restantes empresas de AA e de águas residuais, foram integradas nas 3 novas empresas já referidas (Norte, Centro Litoral e Vale do Tejo).

Com estas Fusões ou Agregações, como também foi conhecido o processo, o Grupo AdP passava de cerca de 20 empresas em “alta” para 7 e a AdRA para a área da distribuição.

De notar que também a EPAL e as Águas de Santo André, por razões históricas diversas, têm tarefas em “alta” e “baixa”.

A privatização da EGF e a saída prevista para novas funções da ERSAR criaram, naq autarquias, um clima nada propício aos desígnios do Governo quanto ao setor da água.

Assim, quanto à segunda tarefa (Verticalização) apesar dos múltiplos esforços da AdP, o governo somente conseguiu chamar para o processo de Verticalização (juntar as tarefas de “alta” e “baixa” numa mesma entidade, numa dada região) 5

8 http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/governo_assina_contrato_de_venda_da_egf. [31.07.2015]

9 Decreto-Lei N° 93/2015 de 29 de Maio. DR N° 104.

10 Decreto-Lei N° 92/2015 de 29 de Maio. DR N° 104.

11 Decreto-Lei N° 94/2015 de 29 de Maio. DR N° 104.

municípios que passaram a rede de distribuição para as Águas do Norte, num outro contrato de Parceria Estado/Municípios, semelhante à AdRA.

Após o processo de fusões, o mapa do país no que respeita aos SMM e também às Parcerias Estado/Municípios é o que consta da Figura 5 que como se pode ver é bem diferente da Figura 6 deste mesmo ponto do trabalho.

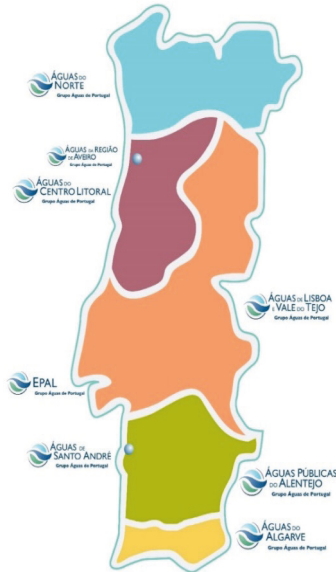


Figura 5 - Mapa dos SMM e Parcerias
após as agregações de 2015
Fonte: Portal da AdP

Saiu entretanto nova legislação dando novos poderes ao regulador¹² no sentido de iniciar uma possibilidade de cobrança coerciva das dívidas das autarquias, naquilo que a Lei define como emissão da Fatura Detalhada.

O processo de Verticalização foi um insucesso generalizado, muito devido à forte contestação das autarquias (sócias e quase únicas clientes das participadas da EGF) à venda da EGF e à fusão de empresas que estava a decorrer, e isso dificultou imenso o processo de Verticalização, comumente aceite como uma das condições de Sustentabilidade e Eficiência do setor.

¹² Lei 10/2014 de 6 de Março.

A Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP), a Junta da Área Metropolitana de Lisboa, a maioria das Câmaras do Grande Porto, onde a autarquia do Porto e as Águas do Porto estavam incluídas, puseram processos em tribunal impugnando a venda da EGF e todo o processo de fusões, que apesar de tudo acabou avançando, ainda que não se cumprindo qualquer dos prazos iniciais e com uma forte contestação Municipal.

As eleições legislativas de 4 de Outubro de 2015, trouxeram mudanças significativas para o setor da água. Após intensas negociações o PS consegue acordos parlamentares que lhe permitem formar Governo e então o XX Governo Constitucional arranca com o programa deste partido, que em muito diverge do programa do Governo de 2011 a 2015, e também do programa do PSD.

Do Programa do Partido Socialista¹³ para o período 2015-2019 retiramos o seguinte resumo, quanto aos processos recentes ou em curso, no setor ambiental:

- Travar o processo de privatização da EGF, com fundamento na respetiva ilegalidade e desde que tal não implique o pagamento de indemnizações ao concorrente escolhido pelo governo PSD/CDS, de modo a inverter a excessiva concentração e a forte distorção da concorrência existentes no setor dos resíduos;
- Promover o redimensionamento e a reestruturação do Grupo Águas de Portugal, em diálogo com os municípios, a partir de uma base zero, isto é, independentemente do modelo de organização territorial proposto pelo governo PSD/CDS, cuja racionalidade e eficácia são muitíssimo questionáveis;
- Integrar o ciclo urbano da água, no sentido de uma articulação entre o fornecimento de água e o saneamento básico, da tendencial e progressiva verticalização dos sistemas em alta e em baixa e da agregação dos sistemas municipais, reforçando o seu cariz empresarial e integrando competências, como a partilha de estruturas, permitindo uma maior racionalização na afetação dos recursos.

PS, (2015:6)

O último ponto focado e aqui referido não é contrário ao definido pelo Governo anterior, mas os caminhos para atingir o mesmo o objetivo de Verticalização e de agregação dos sistemas é totalmente antagónico.

Esse caminho de agregações em “baixa”, esteve em negociação com dezenas de municípios, e entretanto algumas das fusões realizadas em 2015, e sempre contestadas pelas autarquias, foram desfeitas.

Assim, em 2017, foram de novo criadas (ou recriadas) as seguintes empresas:

- Águas do Douro e Paiva¹⁴, no Grande Porto, por cisão das Águas do Norte;
- SimDouro¹⁵, também no Grande Porto, e também por cisão das Águas do Norte;
- Simarsul¹⁶, na Península de Setúbal, por cisão das Águas de Lisboa e Vale do Tejo;
- Águas do Tejo Atlântico¹⁷, igualmente por cisão das Águas de Lisboa e Vale do Tejo.

Na Figura 6 pode-se ver o “novo mapa” de Portugal Continental, quanto aos SMM e Parcerias para a Água, com a inclusão novamente das Águas do Douro e Paiva.

De notar que as últimas 3 empresas criadas de novo em 2017 se referem a tratamento de águas residuais sendo que só as Águas do Douro e Paiva têm como função a captação e tratamento de água, na sua componente em “alta”.

Para além da reversão de 4 das fusões realizadas, o governo de 2015 a 2024 assumiu compromissos¹⁸ com as autarquias do interior quanto à evolução tarifária, e negociou possíveis novas parcerias para os sistemas em “baixa” com dezenas de Municípios, mas fundamentalmente incentivar o associativismo para a função de distribuição, e apelado a que as EG tenham, no mínimo entre 80.000 a 150.000 habitantes, para terem dimensão e capacidade técnica para os desafios da Eficiência e Sustentabilidade.

Estes números, significam que cada EG deverá ter, em média, cerca de 5 vezes mais clientes do que a atual situação média do país, segundo a APDA (2016).

14 Decreto-Lei Nº 16/2017 de 1 de Fevereiro.

15 Idem nota anterior.

16 Decreto-Lei Nº 34/2017 de 24 de Março.

17 Idem nota anterior.

18 Intervenção do Sr. Ministro do Ambiente nas Comemorações do Dia Mundial da Água de 2017, em Torres Vedras, e Apresentação oral do Sr. Secretário de Estado do Ambiente na mesma sessão. Documento disponível no Portal da APDA [02.04.2017].



Figura 6 - Mapa dos SMM e Parcerias de Abastecimento de Água, após as reversões de 2017
Fonte: Adaptado do Portal da AdP

A insustentabilidade dos Sistemas

A insustentabilidade do setor está apresentada em vários documentos oficiais e também em todas as intervenções realizadas pelos governantes deste governo bem como do governo anterior. Mesmo neste caso não há alteração de diagnóstico, nem divergência em boa parte das ferramentas a utilizar para se atingir uma situação de equilíbrio, eficiência e sustentabilidade. As alterações, e algumas profundamente antagónicas, estão no caminho ou caminhos a seguir e depois na solução final para a manutenção da sustentabilidade, quando a mesma for atingida.

No balanço do PEAASAR II, ficou claro o que foi realizado (fundamentalmente a infraestruturação do setor) e o que ficou por fazer (a sua reorganização institucional, técnica e financeira). Depois, aquando do lançamento do PENSAAR 2020, de novo se demonstraram e evidenciaram as maiores fragilidades ainda existentes no setor e que era (e é) urgente resolver e ultrapassar.

Em 30 de Novembro de 2016, o Grupo de Apoio à Gestão do PENSAAR 2020, no seu Relatório Nº 1¹⁹, faz um ponto de situação dos avanços entretanto já conseguidos por este Plano Estratégico, mas fundamentalmente chama a atenção para tudo o que não está a ser executado, e que poderemos resumir em:

- Dimensão das EG. Continua a existir um número muito elevado de EG, a maioria sem dimensão adequada, sem massa crítica, sem capacidade técnica;
- Falta de Cadastro que permita o conhecimento das redes;
- Incompreensível diferenciação tarifária, em especial entre o litoral (com maior poder de compra e tarifas mais baixas) e o interior (com uma população envelhecida, com menor poder de compra mas tarifas mais elevadas);
- Perdas Reais de Água e Água Não Faturada, a níveis ainda muito elevados e sem uma evolução positiva dentro da vigência do PENSAAR 2020;
- Grande volume de dívidas dos Municípios às EG de "alta", estando os SMM a servir de suporte financeiro aos problemas orçamentais de muitas autarquias, mas levando os SMM para uma situação financeira insustentável²⁰;
- Défice Tarifário em constante progressão e que atinge já valores muito consideráveis²¹;

Estes pontos evidenciavam a insustentabilidade do setor em m2017 e cada um dos problemas identificados acima apontavam para soluções, que sendo difíceis de tomar, são inevitáveis. Há ainda alguns fundos comunitários disponíveis e Portugal vive agora um período de alguma distensão entre o Poder Central e o Poder Local, que deverá ser convenientemente aproveitada.

Os desafios do PENSAAR2020

Terminando o PEAASAR II em finais de 2013, o Governo, via Ministério do Ambiente, criou um Grupo de Trabalho para preparar um novo documento estratégico que desse continuidade às políticas de organização do setor, e fixam-se metas para se alcançarem os objetivos ainda não cumpridos e finalmente quantificam-se as medidas ainda necessárias a tomar, para que esse documento fosse enquadrado nas negociações com Bruxelas e constituísse uma parte integrante do documento global Portugal 2020.

Esse grupo de trabalho foi criado pelo Despacho nº 9304/2013 de 2 de Julho, preparou um documento intitulado "PENSAAR 2020 – Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de água e saneamento de águas residuais" que nesta data se encontra em execução.

19 Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/DESTAQUES/2016/Relatorio_GAG_PENSAAR_2020.pdf [01.07.2017].

20 Segundo Relatório e Contas da AdP 2016 (pag. 86) estavam registados no Balanço da AdP 410,4 M€ de dívidas Municipais.

21 Segundo Relatório e Contas da AdP 2016 (pag. 32) estavam registados no Balanço da AdP 597 M€ de Défices Tarifários nos SMM e de 66 M€ nas Parcerias.

Os pressupostos em que assentou a atividade do Grupo de Trabalho foram os seguintes (Ministério do Ambiente, 2013, Despacho referido):

- Apoiar a nova estratégia para o setor nos pilares em que assentaram os anteriores planos estratégicos para o setor, designadamente o PEAASAR I (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2000-2006) e o PEAASAR II para o período 2007-2013;
- Identificar e clarificar de forma consistente os problemas que afetam o setor;
- Definir a estratégia com base em objetivos de sustentabilidade em todas as suas vertentes – técnica, ambiental, económica, financeira e social – de modo a criar um contexto de aceitação global a médio (2014-2020) e a longo prazo (para além de 2020);
- Agregar essa estratégia de sustentabilidade a médio e longo prazo a uma parceria ganhadora em que todos os atores setoriais possam associar-se e obter ganhos partilhados, permitindo um salto qualitativo do setor, à semelhança do passado, quando foi possível reunir esse consenso e compromisso alargados;
- Criar uma estratégia dinâmica cuja implementação possa ser assegurada através de um Grupo de Apoio à Gestão (GAG), que garanta o apoio à boa governança do setor de uma forma contínua, formulada no Plano de Gestão proposto, incluindo a monitorização e atualização anual do PensaAR 2020 a partir de uma plataforma de informação setorial a nível nacional que integre os dados das entidades responsáveis pelo planeamento e regulação do setor, partilhada por todos os parceiros setoriais e acessível aos utilizadores e cidadãos;
- Contribuir para um setor de excelência com desempenho elevado num contexto que exige também solidariedade e equidade, permitindo conciliar forças potencialmente divergentes intrínsecas a um setor que produz um bem económico e social.

O PensaAR 2020 foi aprovado pelo Despacho nº 4385/2015 de 22 de Abril e publicado a 30 de Abril.

Pela importância de que se reveste toma-se a liberdade de transcrever a parte inicial do PensaAR 2020 onde se escreve: No âmbito do diagnóstico da situação atual, destacam-se os seguintes constrangimentos mais importantes, que devem ser resolvidos através da estratégia setorial para 2014-20:

- a) O desconhecimento das infraestruturas de AA e de SAR por parte de um grande número de EG, nomeadamente para a distribuição de água e drenagem de águas residuais (sistemas «em baixa»);
- b) O grau de utilização de algumas infraestruturas, a adesão dos utilizadores ao serviço em “baixa” e a ligação dos sistemas aos multimunicipais, com valores abaixo do que seria desejável;
- c) O ritmo de reabilitação dos ativos, claramente insuficiente e estimado em cerca de 50% do recomendado pelas boas práticas, com riscos para a qualidade dos ativos e repercussões negativas no desempenho do setor, nomeadamente nas perdas físicas de água distribuída e nas afluências indevidas às redes de coletores de SAR através de infiltrações;
- d) A existência de volumes de água não faturada ainda bastante elevados;
- e) O desconhecimento dos gastos na prestação dos serviços de AA e de SAR por parte de um grande número de EG, sobretudo nos sistemas «em baixa»;
- f) A recuperação de gastos aquém de níveis que garantam a sustentabilidade económica e financeira das EG e do setor em geral;

- g) As tarifas atualmente praticadas são suficientemente baixas para permitir uma acessibilidade económica da quase totalidade dos utilizadores ao serviço, mas com repercussões negativas na sustentabilidade económico-financeira de algumas EG e existindo grandes assimetrias;
- h) Os problemas atuais de disponibilidade de recursos financeiros, nomeadamente o acesso ao endividamento das EG.

MAOTE, (2015:4)

E ainda, e o sublinhado é do texto original:

Os resultados do diagnóstico da situação atual levam assim a um novo paradigma que norteou as fases seguintes do PENSAAR 2020, baseado numa **estratégia menos centrada na realização de infraestruturas para aumento da cobertura e focalizando-se mais na gestão dos ativos, seu funcionamento e na qualidade dos serviços prestados com uma sustentabilidade abrangente.**

MAOTE, (2015:5)

Parece assim evidente que o foco das preocupações se centrava em 2017 na Sustentabilidade dos Sistemas e na sua Eficiência, onde a questão das Perdas de Água, no Cadastro, na Manutenção da rede (GPI) e na Água Não Faturada que tem um papel de destaque.

Iniciativas colaborativas 2010-2025

No período acima indicado foram e estão em desenvolvimento um conjunto de iniciativas colaborativas com impacto significativo no abastecimento de água e na recolha e tratamento de águas residuais.

Por imperativo de condicionamento de espaço do presente texto vamos somente proceder à identificação destas iniciativas e indicar onde poderão ser recolhidas informações sobre as diversas iniciativas, para quem desejar aprofundar o seu conhecimento.

As iniciativas colaborativas que consideramos oportuno salientar são:

- O iGPI – Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas;
- O Forum iPerdas – Iniciativa Nacional para o Controlo Eficiente de Perdas;
- AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation in Portugal;
- iAFLUI – Iniciativa Nacional para o Controlo de Afluências Indevidas.

e ainda um trabalho desenvolvido para uma Dissertação de Mestrado no IST (novembro de 2014) e que aborda de forma sistematizada os Custos de Construção com investimentos no abastecimento de água e saneamento.

As quatro Iniciativas Colaborativas tiveram como centro de atividade o LNEC e informações adicionais sobre as atividades desenvolvidas podem ser recolhidas no sítio do LNEC, introduzindo o título da iniciativa na lupa da sua página de abertura.

Quanto ao estudo “Análise de Funções de Custo de Componentes de Construção Civil e de Equipamentos de Serviços Públicos de Água” da autoria de Susana I. M. Lopes, a respetiva Dissertação pode ser obtida no sítio do IST, introduzindo na lupa o título do trabalho.

Algumas destas iniciativas tiveram e têm participações de outros países.

A situação atual dos Serviços de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

Como já vimos, após décadas (90 do século XX e primeira década do século XXI) de grandes alterações nos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais (organizativas, legislativas e de investimentos), nos últimos anos as alterações foram já muito resumidas criando a sensação de que a esmagadora maioria dos serviços se encontram com a sua forma organizativa estabilizada.

No início do presente século assistimos ainda à criação de empresas em alta, novas ou por agregação, mas durante a primeira fase do governo do PS (2015 a 2024) procederam-se às últimas agregações (caso das Águas de Lisboa e Vale do Tejo – fundindo as Águas do Zezere e Coa, Águas do Centro, Águas do Norte Alentejano e Águas do Centro Alentejo e as Águas do Tejo Litoral, no caso para o tratamento de águas residuais) e também a desagregações exigidas pelas autarquias e nomeadamente à recriação das Águas do Douro e Paiva e Simdouro.

Novas concessões a operadores privados foram quase inexistentes na última década assistindo-se até à retoma municipal de serviços que antes estavam concessionados a privados, sendo exemplo os casos de Mafra e de Setúbal e portanto a intervenção privada na gestão, através de concessões, em pouco passa os 10% do total de operadores.

Esta não evolução de concessões a privados em Portugal segue uma tendência internacional semelhante a mercados mais maduros na Europa e América Latina. Lembrar o caso de Paris em que o Município da capital francesa retomou para si um serviço concessionado a privados por cem anos e a cidade e região de Berlim, não deixou terminar a concessão, mas acordou com o privado a compra da empresa concessionária do serviço. Na Argentina, concretamente na cidade de Buenos Aires a concessão nem a meio do seu tempo chegou, pois, o governo argentino decidiu, pela força, a retoma do serviço, processo que agora decorre em tribunais internacionais.

Também na última década assistimos em Portugal à criação de entidades gestoras em baixa mas aí por acordo entre alguns municípios (caso do Distrito de Portalegre) ou de Parcerias Público-Público, neste caso no Norte do país, tal como já vinha acontecendo em Aveiro na AdRA - Águas da Região de Aveiro, que agrupou vários municípios numa associação com a AdP.

Os grandes investimentos das décadas de 1990 a 2000 e de 2000 a 2010 tiveram um forte travão e somente em 2024 se assiste ao lançamento de uma grande infraestrutura nova para o sector, com a Dessalinização para a região do Algarve.

No presente (2025) temos em execução em Portugal o “Plano Estratégico para o Setor do Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030” e que tem como subtítulo “Serviços de águas de excelência para todos e com contas certas”, adiante abreviadamente designado de PensaARP2030.

Este Plano orienta os investimentos e ações do Estado no setor da água no período de 2021 a 2030, dando assim continuidade ao PensaAR2020.

Logo no título e subtítulo do Plano dá para perceber algumas das preocupações do Governo quanto à nova fase temporal de planeamento do setor. Por um lado a junção das águas pluviais ao abastecimento de água e gestão de águas residuais, o que não tem sido muito frequente no passado e até introduz uma divisão, que agora se considera inadequada por separar as águas pluviais da água de abastecimento e das águas residuais, por outro lado, no subtítulo a questão da excelência, decerto para a qualidade da água e dos serviços e para finalizar a questão das contas certas e logo sobre a sustentabilidade financeira das Entidades Gestoras, que no passado tem sido bastante mal tratada, em especial nos serviços geridos por autarquias.

Outra questão que evidencia o que o Governo pensa do setor das Águas é o período temporal de duração do PENSAARP2030. Ao contrário dos Planos anteriores com 5 anos de duração, o PENSAARP2030 vai orientar as ações no setor da água por 10 anos (2021 a 2030) dando assim a ideia de se viver já uma situação com maior estabilidade no setor.

No Sumário Executivo do PENSAARP2030, quando se justifica a necessidade de um novo Plano Estratégico, ficam claras as lacunas ainda existentes no setor, e que no final do período de desenvolvimento do PENSAAR2020, de acordo com o balanço do plano estratégico anterior, evidenciava os seguintes Pontos Fracos, que para ser mais claro reproduzimos um resumo do texto constante do próprio PENSAARP2030, e que devemos entender como uma avaliação das fragilidades ainda existentes no setor e que se considera terão que ser ultrapassadas ²²:

- Elevadas perdas reais de água nas redes de abastecimento;
- Redução do cumprimento dos parâmetros de descarga dos sistemas em baixa;
- Baixa percentagem de licenças de descarga válidas e reportadas;
- Frequente ocorrência de inundações;
- Redução da percentagem de lamas valorizadas, relativamente ao volume produzido;
- Redução dos já baixos níveis de reabilitação de condutas e coletores;
- Poucas melhorias na água não faturada;
- Baixo nível de recuperação de gastos no serviço de abastecimento de água e, muito especialmente no serviço de gestão de águas residuais;
- Insuficiente melhoria da gestão de águas residuais, em alta e baixa;
- Dificuldade geral em alterar os indicadores que cronicamente se têm manifestado negativos;
- Baixa adesão aos serviços de abastecimento de água e de águas residuais;
- Rácio “água residual reutilizada/água residual recolhida” muito baixo;
- Rácio “produção própria de energia/consumo de energia” baixo;
- Número significativo de captações sem licenciamento;
- Gestão ineficiente de ativos;
- Subutilização da capacidade instalada das infraestruturas de tratamento de água;
- Controlo reduzidos das descargas de emergência de águas residuais;
- Necessidade de otimização e ou redução de despesas operacionais;
- Não inclusão do serviço de águas pluviais;
- Persistente ineficiência de pequenas entidades gestoras;
- Falta de comprometimento dos Municípios com o Plano;
- Dificuldade de revisão da estratégia devido ao grande número de objetivos, medidas e ações;
- Pouca clareza na interpretação e nas consequências do relatório do Grupo de Apoio à Gestão (GAG);
- Inconsequência dos alertas para os desvios entre resultados e metas;
- Ausência de informação e indicadores macro e micro financeiros no relatório.

22 Texto retirado do PENSAARP2030, volume 1, págs 4 e 5.

Sustentabilidade dos serviços de águas num contexto de alterações climáticas

Dália Loureiro e Luís David

Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

1. Introdução

Os serviços urbanos de águas – abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e pluviais – são essenciais para a saúde pública, a qualidade ambiental e a resiliência das cidades. Num contexto de escassez hídrica e de alterações climáticas, estes serviços enfrentam pressões crescentes que exigem maior eficiência, modernização e capacidade de adaptação.

A evolução recente do setor, evidenciada, designadamente, pelo Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos (RASARP 2024), pelo PENSAARP 2030 e pelos Planos Regionais de Eficiência Hídrica (PREH), revela progressos importantes, mas também fragilidades persistentes. Nos sistemas de abastecimento de água, destacam-se problemas estruturais: perdas elevadas, reabilitação insuficiente das infraestruturas, riscos crescentes para a qualidade da água e limitações económico-financeiras que afetam sobretudo as entidades gestoras de menor dimensão.

Os sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais urbanas, são igualmente críticos para a proteção da saúde pública, preservação da qualidade da água e mitigação do risco de inundação nas cidades. Além da pressão exercida pelas alterações climáticas, com a consequente evolução do quadro regulatório nacional e internacional, estes sistemas enfrentam desafios crescentes devido ao envelhecimento das infraestruturas, à expansão urbana e à cada vez maior consciencialização da necessidade de garantir a sustentabilidade do ecossistema natural e urbano, bem como dos serviços.

Este estado da arte sintetiza as principais ameaças, desafios e oportunidades para a sustentabilidade e inovação dos serviços urbanos de águas.

2. Ameaças e desafios

Ameaças específicas (internas, externas) para os serviços de abastecimento de água

Volumes de água não faturada e de perdas de água elevados: Em 2023 (ERSAR, 2024), o indicador Água não faturada nas entidades gestoras “em alta” situou-se em 5,2%, mantendo-se estável em relação aos anos anteriores e com bom desempenho, com Perdas reais a evidenciar uma ligeira melhoria, embora ainda com desempenho mediano, atingindo 5,5 m³/(km-dia). Nas entidades gestoras “em baixa”, responsáveis pela distribuição de água ao utilizador final, a Água não faturada registou uma redução para 26,9%, prosseguindo a tendência de diminuição observada nos anos precedentes, ainda que o desempenho mediano indique que existe um potencial significativo de melhoria. A água não faturada nas entidades em baixa resulta principalmente de perdas reais (fugas e extravasamentos), que representam 75,4% do volume total não faturado. As perdas aparentes correspondem a 14,2 % e o consumo autorizado não faturado a 10,4 %. Nas entidades gestoras “em baixa”, o valor de Perdas reais variou em função da densidade da rede de distribuição: em redes

com densidade superior a 20 ramais/km, verificou-se um ligeiro aumento, atingindo 123 L/(ramal-dia), com desempenho mediano, enquanto em redes com densidade inferior a 20 ramais/km registou-se uma ligeira melhoria, com o indicador a situar-se em 2,4 m³/(km-dia), tendo sido o desempenho bom. A redução das perdas permanece, assim, um elemento central para a melhoria da eficiência hídrica e económica do setor.

Riscos para a qualidade da água na origem: Uma ameaça direta é a instalação de atividades que podem comprometer a qualidade da água nas captações destinadas ao abastecimento público, especialmente quando não existem perímetros de proteção definidos. A falta de licenciamento e de medição de um número significativo de captações também constitui um problema (PENSAARP 2030).

Baixa adesão ao serviço: Apesar da elevada cobertura no serviço (96%), a baixa adesão aos serviços de abastecimento de água em baixa (89,3%), com desempenho insatisfatório, constitui uma fragilidade persistente, com implicações para a saúde pública, o ambiente e a sustentabilidade económica das entidades gestoras (ERSAR, 2024).

Consumo excessivo: As captações domésticas elevadas permanecem um desafio persistente na gestão dos recursos hídricos, evidenciando a necessidade de reforçar as políticas e os instrumentos que promovem a eficiência no uso da água. Neste contexto, é essencial rever o atual Plano Nacional da Água (Decreto-Lei n.º 76/2016, de 9 de novembro), assegurando uma articulação eficaz entre os instrumentos estratégicos existentes, como a Estratégia Nacional para a Gestão da Água – “Água que Une” e o Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030). Paralelamente, destaca-se a importância de programas operacionais consistentes, como o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) (APA, 2012), capazes de definir e concretizar metas de eficiência hídrica, contribuindo para o cumprimento dos objetivos das políticas nacionais e para uma gestão sustentável e equilibrada dos recursos hídricos.

Ameaças específicas (internas, externas) para os serviços de drenagem de águas residuais e pluviais urbanas

Urbanização e Impermeabilização: A impermeabilização do solo resultante da expansão urbana reduz a infiltração natural, levando ao aumento do escoamento superficial e do risco de inundações. Muitos dos sistemas de drenagem existentes têm dificuldade em acomodar os acréscimos dos caudais produzidos nas novas urbanizações, pelo que nas últimas décadas têm sido desenvolvidos esforços e intensa investigação na integração de infraestruturas verdes na drenagem urbana. Estas promovem a infiltração, a absorção e a retenção natural da água, embora requeiram a adoção de medidas e de cuidados especiais para evitar o agravamento da poluição difusa para águas subterrâneas e aquíferos. Algumas promovem ainda o tratamento natural das escorrências pluviais e outras o tratamento descentralizado das águas residuais. No entanto, como reconhecido no PENSAARP 2030, os serviços de águas pluviais têm historicamente recebido menor atenção técnica e institucional, o que limita a capacidade de resposta às pressões climáticas crescentes.

Contaminantes emergentes: Os contaminantes emergentes, como produtos farmacêuticos, microplásticos e a resistência antimicrobiana, representam novos desafios que exigem tratamento avançado e soluções mais holísticas. O aumento das exigências regulamentares obriga à implementação de novas tecnologias de tratamento, aumentando os custos para as entidades gestoras, poluidores e sociedade em geral. Para além da sua relação com as descargas em tempo de chuva, em particular nos sistemas unitários, é crucial aprofundar o conhecimento da afluência destes contaminantes aos sistemas

de drenagem. É também necessário entender o potencial de poluição difusa das soluções descentralizadas de drenagem natural. Por exemplo, alguns estudos têm demonstrado o aumento da infiltração de herbicidas em sistemas de retenção de águas pluviais, apesar da redução de diversos outros contaminantes.

Ameaças transversais a todo o setor dos serviços urbanos de águas

Envelhecimento e reabilitação insuficiente: O desconhecimento das infraestruturas existentes e da sua condição, a gestão ineficiente dos ativos e o baixo nível de reabilitação das infraestruturas são problemas graves que afetam a sustentabilidade a longo prazo de todo o património, que se encontra em envelhecimento. Acresce também que é fundamental o planeamento faseado e sistémico da reabilitação da infraestrutura. Este planeamento é fundamental porque encara a infraestrutura como um todo interligado, permitindo uma gestão proativa que melhora a eficiência do uso da água e da energia, garante a qualidade do serviço a longo prazo e assegura a sustentabilidade financeira ao evitar a necessidade de investimentos avultados e concentrados (Alegre e Covas, 2010). A reabilitação das infraestruturas urbanas de água corresponde à maior parte do investimento previsto no setor para a próxima década, sendo apontada no PENSAARP 2030 como eixo estruturante para a adaptação dos serviços às alterações climáticas. Nos serviços de abastecimento de água, o indicador de reabilitação de condutas, em 2023, registou um dos piores resultados em anos consecutivos (ERSAR, 2024). Acresce que a falta de reabilitação é uma das principais causas de avarias e perdas de água na rede de abastecimento.

Nos serviços de gestão de águas residuais e pluviais, grande parte da infraestrutura de drenagem das cidades e vilas de Portugal foi construída há décadas e tem tido um défice de manutenção, que é cada vez mais reconhecido e premente. Em muitos sistemas, a manutenção vai pouco além das atividades reativas para a resolução de problemas evidentes. Esta situação reflete-se nos desempenhos insatisfatórios dos indicadores Reabilitação de coletores e Monitorização da condição da rede, tanto nos sistemas de águas residuais em alta como nos em baixa. Já o indicador Ocorrências de colapsos estruturais apresenta, contudo, uma qualidade de serviço mediana nos dois casos (RASARP 2024).

O envelhecimento dos sistemas e a ligação das áreas de expansão às redes antigas do centro urbano aumentam o risco de inundações e a entrada de águas subterrâneas e subsuperficiais na rede de coletores (a designada componente RDII - Rainfall Derived Infiltration & Inflow, em terminologia inglesa). Esta componente não só aumenta os volumes de águas residuais encaminhados para as ETAR e instalações elevatórias, como conduz a um inadequado funcionamento dos sistemas separativos. Por sua vez, agrava as descargas de águas residuais não tratadas por sistemas unitários e parcialmente separativos para os meios receptores. Em 2023, apenas 30% das entidades gestoras apresentavam bom desempenho no indicador Controlo de descargas de emergência e de tempestade, refletindo um grande potencial de melhoria (RASARP 2024). As ligações indevidas entre redes separativas de drenagem de águas residuais e pluviais são outro problema que tem merecido uma atenção crescente nos últimos anos, mas em que há muito por fazer. Urge fazer ou pôr em prática planos de reabilitação preventiva e preditiva, para os quais se dispõe hoje de diversas tecnologias de monitorização, de tratamento de dados e de apoio na gestão dos ativos. Contudo, há ainda a necessidade de inovar e investigar mais neste domínio. A redução das afluições indevidas é apontada no PENSAARP 2030 como uma prioridade estrutural, essencial para reforçar a resiliência dos sistemas e reduzir os consumos energéticos associados.

Eficiência energética e descarbonização: Os gastos com energia podem corresponder a 25-40% dos gastos operacionais das entidades gestoras (EG) destes sistemas (PENSAARP 2030). O potencial de redução é elevado por existirem ineficiências

significativas devido a: elevados volumes de perdas de água nos SAA; elevados volumes de afluições indevidas nos SARP; equipamentos de bombeamento pouco eficientes; subutilização da capacidade de tratamento; desenho ineficiente dos sistemas; formas de operação pouco eficientes.

Económico-Financeira: A insuficiente recuperação dos gastos dos serviços por meio das tarifas é uma fragilidade persistente em muitas entidades gestoras. Frequentemente, isso é agravado pelo desconhecimento dos gastos efetivos com os serviços. A elevada dependência de subsídios externos para realizar investimentos constitui outra vulnerabilidade.

Resistência à mudança: A gestão integrada da água exige multidisciplinaridade e a colaboração entre diversos setores, incluindo diferentes departamentos de entidades públicas, indústrias, setores privados e a sociedade em geral. A adoção de soluções inovadoras, como as práticas de drenagem sustentável, a reutilização de águas pluviais e o controle da poluição na origem, gera frequentemente preocupação e desconfiança. O desconhecimento técnico e de colaboração entre as partes, a competição entre setores e departamentos, a falta de envolvimento de atores cruciais, o insucesso de algumas soluções, entre outros fatores, têm sido barreiras à implantação e sucesso de novas soluções. A governança e o envolvimento público têm merecido maior atenção nos últimos anos e têm-se revelado fundamentais no fomento da resiliência e no incentivo à adoção de soluções inovadoras.

Capital Humano: O setor enfrenta o desafio do envelhecimento dos seus recursos humanos, com o risco de não se transmitir o conhecimento entre gerações. Há também dificuldade em atrair jovens profissionais e reter talentos, devido a condições salariais que, em muitos casos, são pouco atrativas.

Sociais: Existe uma reduzida valorização dos serviços e dos seus profissionais pela sociedade, o que se reflete, por exemplo, na baixa adesão da população aos serviços, mesmo quando disponíveis.

Alterações climáticas e eventos extremos: As alterações climáticas podem impactar significativamente a escassez hídrica, a degradação da qualidade das massas de água e o maior risco de ocorrência de inundações, afetando todo o ciclo urbano da água. A redução da precipitação anual, a maior variabilidade interanual e a diminuição dos volumes armazenados nas origens de água afetam a capacidade de abastecimento, especialmente em regiões vulneráveis (PREH Algarve, PREH Alentejo). Por outro lado, secas prolongadas aumentam a concentração de nutrientes e contaminantes, reduzem a renovação das massas de água e favorecem fenómenos, como a eutrofização e a intrusão salina. A adaptação dos serviços a estas alterações é da maior prioridade. O aumento da intensidade e frequência dos grandes eventos de precipitação agrava não só o risco de inundações, como as descargas de águas residuais não tratadas para os meios hídricos recetores, tanto pelos sistemas de drenagem unitários como pelos parcialmente separativos. A subida do nível do mar condiciona a descarga dos sistemas pluviais e agrava a vulnerabilidade das áreas urbanas costeiras e estuarinas a inundações. Além disso, potencia a intrusão de água salgada nos sistemas, com consequências na eficiência das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). O aumento da temperatura do ar também afeta a eficiência dos processos de tratamento. Longos períodos de estiagem, a crescente escassez hídrica e os episódios de seca têm aumentado a pressão para a reutilização da água tratada e o aproveitamento das águas pluviais.

3. Oportunidades

Oportunidades específicas para os serviços de abastecimento de água

Disponibilidade de novas origens alternativas de água para os serviços urbanos de abastecimento de água: Novas origens alternativas de água (e.g., reutilização de águas residuais, aproveitamento de águas pluviais, dessalinização, construção de novas origens) constituem uma oportunidade estratégica para reforçar a resiliência dos serviços urbanos de abastecimento, modernizar as infraestruturas e promover uma gestão sustentável da água em Portugal, conforme enquadrado no PENSAARP 2030. Estas soluções permitem diversificar fontes e reduzir a dependência sobre os sistemas existentes, particularmente vulneráveis a secas prolongadas e às alterações climáticas. Instrumentos de planeamento a nível nacional, como o PENSAARP 2030, e regional, como o PREH Algarve e PREH Alentejo, reconhecem o elevado potencial de origens alternativas com a reutilização. Contudo, a sua aplicação prática permanece muito limitada. O RASARP 2024 (ERSAR, 2024) confirma esta realidade. Neste relatório, a produção de água para reutilização foi praticamente nula na maioria dos contextos (0,0 %) e não ultrapassou 0,3 % a 1,1 % mesmo nas áreas com maior escassez hídrica. A criação de redes dedicadas para usos não potáveis pode reduzir a pressão sobre os sistemas existentes e evitar investimentos reativos em situações de contingência, sobretudo quando equipadas com soluções de monitorização e controlo mais eficientes. No entanto, a adoção destas origens exige uma avaliação rigorosa dos impactes no serviço prestado, quer nos sistemas atuais, quer nos novos sistemas para usos não potáveis, garantindo modelos de gestão que assegurem fiabilidade, qualidade e sustentabilidade a longo prazo.

Diretiva de Qualidade da água como alavanca para melhoria dos serviços de abastecimento de água: A transposição da Diretiva (UE) 2020/2184 através do Decreto-Lei n.º 69/2023 representa muito mais do que o reforço das obrigações legais: constitui uma oportunidade estratégica para modernizar, tornar mais eficiente e aumentar a resiliência dos serviços de abastecimento de água. Entre os principais contributos destacam-se:

- Atualização dos parâmetros de qualidade da água, incluindo contaminantes emergentes (microplásticos, PFAS, bisfenol A, ácidos haloacéticos, Legionella). Esta exigência impulsiona a modernização dos sistemas de tratamento, transporte e distribuição e obriga à adoção de tecnologias mais robustas. A introdução de valores paramétricos mais restritivos (ex.: chumbo de 10 para 5 µg/L) promove a reabilitação de infraestruturas envelhecidas e reduz riscos sanitários.
- Gestão integrada do risco, da bacia à torneira, através da avaliação obrigatória do risco nas bacias hidrográficas, nos sistemas públicos de abastecimento e nos sistemas prediais. Esta abordagem holística torna o setor mais preventivo e menos reativo, reforçando também a articulação operacional entre competentes (APA, ERSAR, Autoridades de Saúde e entidades gestoras).
- Redução das perdas de água e melhoria da eficiência operacional, com a obrigatoriedade de diagnóstico sistemático das perdas e da definição de planos de ação. Contribui para maior eficiência hídrica, melhor desempenho ambiental e otimização da eficiência económica das EG.
- Criação de um sistema nacional de aprovação de materiais e produtos em contacto com a água, reduzindo o risco de contaminação por materiais inadequados e assegurando padrões uniformes de segurança.
- Reforço da transparência, com a publicação regular e detalhada dos dados de qualidade da água pelas entidades gestoras. Aumenta a confiança dos consumidores e cria incentivos positivos à melhoria contínua do desempenho.

- Promoção do acesso universal à água, com especial atenção a grupos vulneráveis, alinhando o setor aos princípios do direito humano à água e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.
- Aceleração da digitalização e integração de plataformas (APA, ERSAR e entidades gestoras), facilitando auditorias, comparações, reporte estruturado e decisões baseadas em dados.

Oportunidades específicas para os serviços de drenagem de águas residuais e pluviais urbanas

Mudanças regulamentares e políticas: O quadro legislativo europeu tem sido um instrumento impulsionador da mudança face às alterações climáticas e aos desafios atuais. Por um lado, representa uma oportunidade para assegurar a gestão integrada da água, a colaboração intersectorial e a melhoria da qualidade ambiental. Por outro lado, a sua implementação tem colocado grandes desafios aos Estados-Membros. Na drenagem urbana, destacam-se a recente revisão da Diretiva do tratamento das águas residuais e a diretiva das inundações, bem como o Plano de ação “Rumo à poluição zero no ar, na água e no solo”. No entanto, o quadro legislativo abrange um conjunto muito mais alargado de instrumentos, como sejam as diretivas da qualidade da água destinada ao consumo humano, das águas balneares, da estratégia marinha, da preservação dos habitats, entre outras.

Soluções baseadas na natureza e conceção resiliente: Apesar de uma implantação ainda lenta e dispersa, as medidas de drenagem de base natural, tais como pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção e lagoas de macrófitas, estão a ganhar relevância e já são do conhecimento de uma franja considerável da população. As soluções baseadas na natureza (NBS - Nature Based Solutions, em terminologia inglesa) desempenham um papel fundamental na gestão da água, ao mesmo tempo que oferecem cobenefícios, como o arrefecimento da atmosfera urbana, a melhoria da biodiversidade e o aumento da resiliência das cidades face a eventos climáticos extremos. Numa escala espacial mais alargada, a designada conceção urbana sensível à água (WSUD - Water Sensitive Urban Design) procura garantir a sustentabilidade a longo prazo dos sistemas de drenagem.

Infraestrutura híbrida (azul-verde-cinza) e drenagem dual: É cada vez maior a sensibilização dos decisores, autarcas, técnicos e população em geral quanto à necessidade de tornar as cidades mais verdes e resilientes. Exemplo disso no nosso país é a “Lisboa, Capital Verde Europeia 2020”. A infraestrutura verde e a da água (neste contexto, designada por infraestrutura azul) estão também a ser usadas de forma cada vez mais sinérgica, nomeadamente através do uso de espaços e corredores verdes para armazenar, infiltrar e tratar águas pluviais, bem como na rega de espaços verdes com águas pluviais e águas residuais tratadas. A ligação da infraestrutura de drenagem convencional (dita cinza) à infraestrutura azul-verde pode aumentar os benefícios, criando zonas de inundação alternativas a zonas urbanas mais críticas. Alguns países têm desenvolvido projetos para gerir o escoamento superficial durante as inundações, nomeadamente ao longo dos arruamentos e nos espaços verdes, em particular aquando da reabilitação de áreas urbanas. A adoção de técnicas de controlo em tempo real, que utilizam medidores, reguladores de caudal e modelos geralmente complexos para gerir o escoamento em grandes sistemas de coletores, pode também ser utilizada para aumentar a sinergia entre as infraestruturas verde, azul e cinza, a designada infraestrutura híbrida.

Circularidade da água, descarbonização e recuperação de recursos: As águas residuais são cada vez mais reconhecidas como um recurso e não como um resíduo. As abordagens da economia circular promovem a reutilização da água tratada,

a recuperação de nutrientes, a adoção de tecnologias mais eficientes em termos energéticos e a produção de energia renovável nas ETAR. Os sistemas descentralizados, tanto na drenagem de águas pluviais como no tratamento de águas residuais e pluviais, apoiam os esforços locais de reutilização da água, aliviam a pressão sobre a infraestrutura convencional e contribuem para a descarbonização do setor.

No domínio energético, o RASARP 2024 indica que a produção própria de energia nos serviços de águas residuais urbanas se mantém em níveis medianos, com valores de cerca de 11% no serviço em alta e 5% no serviço em baixa, com margem significativa para reforçar a valorização energética. A redução das afluências indevidas e a otimização operacional das ETAR e das estações elevatórias, associadas ao aumento da produção própria de energia, representam oportunidades relevantes para melhorar a eficiência e reduzir a pegada carbónica do setor.

Oportunidades transversais a todo o setor dos serviços urbanos de águas

Digitalização e gestão Inteligente da água: Os recentes avanços tecnológicos, incluindo sensorização de múltiplos parâmetros, a internet das coisas, Machine Learning, inteligência artificial, gémeos digitais, permitem a modelação preditiva e a análise de cenários para a otimização dos sistemas de abastecimento, de drenagem e de tratamento de águas residuais. A monitorização em tempo real associada a modelos de previsão permite a sofisticação dos sistemas de aviso e alerta e aumenta a eficácia da tomada de decisões e das estratégias de resposta a emergências. Neste contexto de maior dependência tecnológica, é fundamental conceber sistemas versáteis e resilientes a falhas tecnológicas e ciberataques.

Emprego, talento e parcerias: A expansão dos serviços associados ao setor urbano (serviços verdes, tecnológicos) gera novas oportunidades de emprego, sobretudo para jovens qualificados em áreas ambientais, de engenharia e de sistemas digitais. Por outro lado, parcerias intermunicipais e colaborativas também podem acelerar a adoção de práticas inovadoras, potenciando o impacto e a escalabilidade das soluções.

4. Conclusão

A sustentabilidade dos serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e pluviais é cada vez mais crítica face às alterações climáticas, à concentração populacional nos grandes aglomerados urbanos, ao envelhecimento das infraestruturas e reforço das exigências regulamentares. Embora persistam vários desafios, o setor dispõe de oportunidades significativas para inovar e transformar os seus modelos de gestão. Inclui-se a possibilidade de recorrer a novas origens de água, a evolução das políticas públicas do setor, a adoção de soluções baseadas na natureza, a digitalização e abordagens de economia circular que transformem esses desafios em oportunidades. A resiliência futura depende da capacidade das entidades gestoras de integrar tecnologias inteligentes, reforçar a gestão patrimonial de infraestruturas, como seja através de infraestruturas híbridas verde-azul-cinzentas, do aperfeiçoamento dos quadros regulamentares e do fomento da colaboração entre entidades gestoras, instituições públicas, empresas de tecnologia e inovação, investigadores e a sociedade civil.

Referências Bibliográficas

Alegre, H., & Covas, D. (2010). Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água: Uma abordagem centrada na reabilitação (Guia Técnico n.º 16). Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (ERSAR) / Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). ISBN 978-989-8360-04-5.

Decreto-Lei n.º 69/2023, de 21 de agosto. Regime jurídico da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Decreto-Lei n.º 76/2016, de 9 de novembro — Aprova o Plano Nacional da Água, nos termos do n.º 4 do artigo 28.º da Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro), e cria a Comissão Interministerial de Coordenação da Água.

Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de outubro de 2024, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (reformulação). Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202403019.

ERSAR (2024). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP 2024). Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Disponível em: <https://www.ersar.pt>

Estratégia Nacional para a Gestão da Água – “Água que Une”. Lisboa, 10 mar. 2025. Lançada na sequência do Despacho n.º 7821/2024, de 16 de julho.

Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030 (PENSAARP 2030), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2024, de 5 de fevereiro, e alterado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 120/2025, de 12 de agosto. Diário da República, Série I.

PREH Alentejo (2024). *Plano Regional de Eficiência Hídrica do Alentejo – Volume I*. APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

PREH Algarve (2020). *Plano Regional de Eficiência Hídrica do Algarve – Volume I*. APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

Consumo, eficiência energética e descarbonização dos serviços de águas

Eduardo Vivas

Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

Segundo dados disponibilizados pelo regulador (ERSAR, 2024), em 2023 o consumo global de energia elétrica nos serviços de água (ciclo urbano da água) correspondeu a cerca de 2,2% do consumo total nacional.

Sendo significativo, verifica-se que cerca de 60% desse consumo é devido ao abastecimento de água e 40% aos sistemas de águas residuais (referência). Agregando por tipologia de consumo, confirma-se, igualmente, que os sistemas de bombagem são responsáveis por cerca de 60% desses consumos e o tratamento de água e de águas residuais por quase 40%. Além disso, a produção própria de energia no setor, em 2023, aponta para pouco mais de 5% do consumo total.

De facto, ao nível da produção, verifica-se que, atualmente, a maior parcela advém do recurso ao biogás em ETAR, sendo a expressão da autoprodução por outras fontes ainda reduzido embora referente a diferentes tipos de origens renováveis como: aproveitamento hídrico, solar ou eólico.

Como se torna evidente, pela sustentabilidade do setor, ou até por imposições legais (no caso das ETAR de maior dimensão, segundo a nova Diretiva de Águas Residuais Urbanas), importará perceber como se pode melhorar este balanço energético, promovendo, desde logo, um maior investimento na produção a partir de origens de cariz renovável. Em alguns casos, poderá ser relevante, igualmente, a criação ou aumento da capacidade de armazenamento (de água e/ou de energia), bem como a compra e venda de energia verde a outras entidades.

Não obstante, o melhor contributo para a melhoria desse balanço passará forçosamente pela redução do consumo de energia e melhoria da eficiência, sempre que tal for possível.

No que diz respeito à eficiência das estações elevatórias e, mais uma vez, partindo dos dados do regulador, referentes a 2023, é possível representar (Figura 1) a expressão da eficiência global dos sistemas, para as entidades gestoras (EG) em alta e em baixa, no abastecimento de água (AA) e nas águas residuais (AR), em função da respetiva relevância do consumo de energia (dimensão da bola).

Como se torna perceptível, a eficiência global dos sistemas de bombagem rondará os 60% o que, não sendo mau, beneficia, em grande medida, do facto de os sistemas mais eficientes serem, também, os maiores consumidores de energia. Não obstante, esta avaliação apenas incorpora a eficiência dos equipamentos, existindo uma importante parcela de redução de consumo de energia associada à possibilidade de otimização do funcionamento dos sistemas, nomeadamente, por exemplo, pela redução de perdas de carga (reduzindo a altura a elevar e, logo, a potência necessária e a consequente energia consumida).

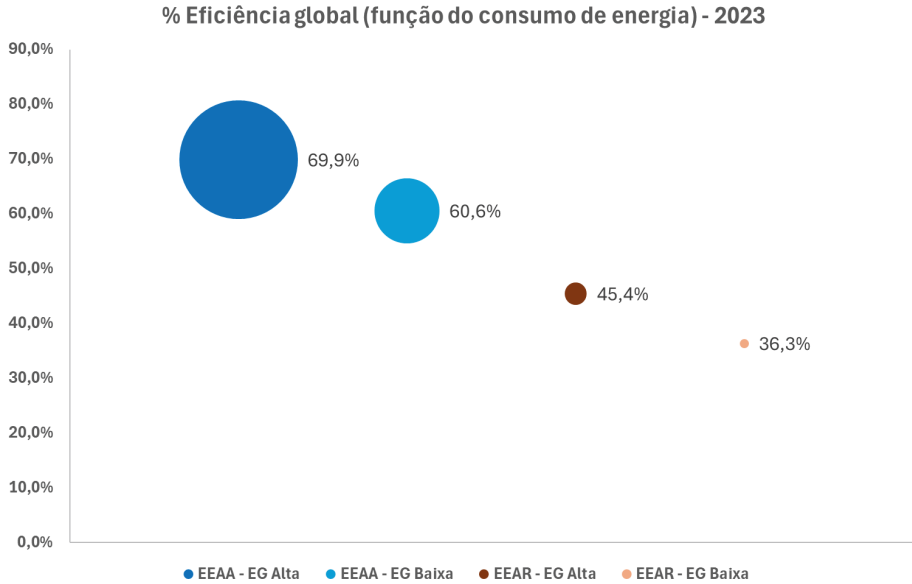


Figura 1 – Eficiência global (com base nos indicadores AA16 e AR16, da ERSAR) de instalações elevatórias no ano de 2023

Por outro lado, ao nível do tratamento, embora não existam dados que permitam avaliar a componente relativa ao abastecimento de água, é possível, desde 2022, quantificar o consumo específico de energia (kWh) por m³ de água residual tratada (de maior expressão). Assim, na Figura 2 apresentam-se os resultados desse indicador, para as entidades gestoras em alta e em baixa, neste caso em função da relevância do volume tratado (dimensão da bola).

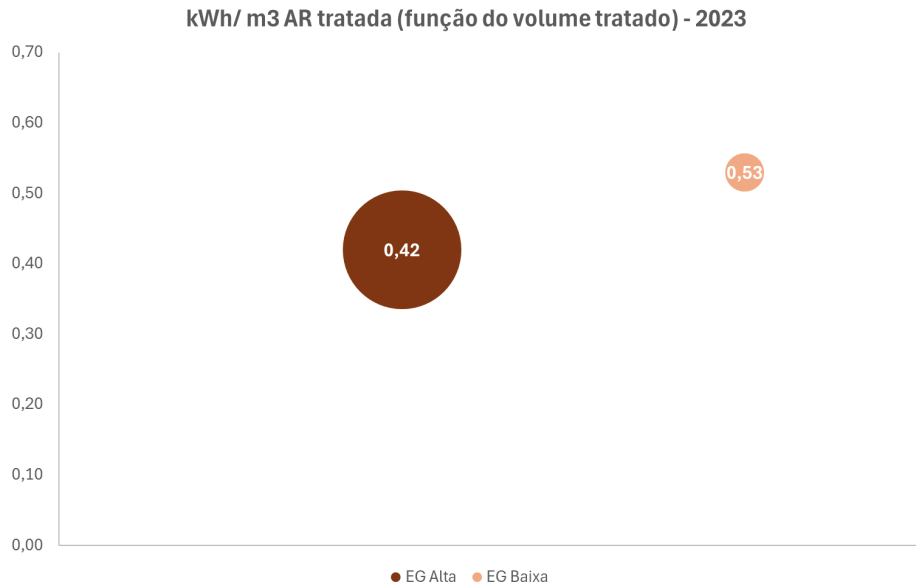


Figura 2 – Consumo específico de energia (kWh/m³) no tratamento de águas residuais no ano de 2023 (com base nos dados ERSAR)

É, assim, possível verificar que os valores, por m³, são mais reduzidos ao nível dos sistemas em alta, tipicamente de maior dimensão e também responsáveis pela maior parte do volume tratado. No entanto, apesar de estes valores estarem em linha com estudos de benchmarking nacionais e internacionais, deverá ser atendido que a eficiência de cada instalação dependerá, em grande medida do seu controlo, podendo existir uma grande margem de melhoria sem colocar em causa a garantia de qualidade na descarga para o meio receptor. Além disso, a necessidade de introdução de melhorias ao nível do tratamento, seja para atender aos desafios impostos pela nova legislação (DARU), seja para aumentar a expressão da água para reutilização (ApR), poderão trazer desafios acrescidos em termos de consumos de energia no tratamento de águas residuais, reforçando a importância da existência de um controlo mais intenso e otimizado.

Todas estas questões, todavia, tornam-se ainda mais complexas sob o ponto de vista da descarbonização, desafio que, além da sustentabilidade da utilização de recursos (por ex. energia), incorpora também o potencial impacto, ao nível do clima, do ciclo urbano da água.

A este nível, importa, antes de mais, salientar a dificuldade de avaliar as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) inerentes a todo o espectro de infraestrutura (construída e a construir), de operação e também de utilização de água no setor urbano. De facto, apesar de já existirem algumas entidades que iniciaram esse processo, nomeadamente de avaliação de emissões de âmbito (*scope*) 1, diretas, inerentes ao funcionamento dos sistemas (ex. emissões de óxido nítrico e metano no tratamento biológico de águas residuais), ou de âmbito 2, indiretas, decorrentes da utilização de eletricidade ou outras fontes de energia, por ex., ainda existe uma grande parcela de emissões por avaliar, nomeadamente as correspondentes ao âmbito

3, de emissões indiretas a montante, ou a jusante dos sistemas. Estas últimas deverão incluir, por ex. as emissões inerentes ao processo de construção das infraestruturas, ou aos bens e serviços adquiridos, bem como as emissões inerentes a todas atividades a jusante, como por exemplo o consumo de energia para aquecimento das águas sanitárias nas habitações, ou as emissões inerentes ao destino final de lamas ou descarga de águas residuais em meio hídrico.

No âmbito da 4ª geração de indicadores, da avaliação anual de qualidade do serviço realizada pelo regulador, foi introduzida, a partir da avaliação para o ano de 2022, uma quantificação de emissões indiretas, inerentes ao consumo de energia elétrica, considerando o fator de emissão da eletricidade publicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Com base nesses dados, é possível estimar a emissão indireta de cerca de 0.15 kgCO₂eq. por m³ de consumo autorizado no abastecimento de água e de cerca de 0.12 kgCO₂eq. por m³ de água residual faturada. Sendo uma importante iniciativa, principalmente para consciencialização do setor e seus utilizadores, para a relevância desta matéria, a quantificação realizada representa somente a parcela de emissões de âmbito 2, demonstrando a existência de um longo percurso a realizar, mesmo para a simples estimativa do impacto global do setor ao nível das emissões de gases de efeito de estufa.

Perante esta situação e atendendo aos desafios que se colocam ao setor, dos quais se salientam a incerteza climática e as maiores exigências de qualidade, aumentando os consumos de energia, a descarbonização implicará uma significativa mudança de paradigma no setor, desde a conceção e construção dos sistemas, a montante, até, ao impacto a jusante que a simples existência e operação destes sistemas possa ter.

Não obstante, começando pela operação e gestão dos sistemas, fica clara a necessidade de se aplicar, desde já, um maior foco na eficiência, seja energética, ou de funcionamento dos mesmos, incluindo a redução de perdas, no abastecimento de água e de afluições indevidas, nos sistemas de águas residuais, que também contribuem para o desperdício de energia.

Uma possível forma de o conseguir poderá ser por melhoria da gestão dos sistemas do ciclo urbano da água, sendo, de destaque, as seguintes vertentes:

1. **Equipamentos**, garantindo uma elevada eficiência em toda a gama de operação e ao longo do tempo, implicando uma maior monitorização e uma manutenção mais preventiva e preditiva.
2. **Sistemas**, ajustando a operação às reais necessidades e obrigando a que, em muitas situações, os sistemas sejam repensados e, eventualmente, reformulados, nomeadamente aquando da sua renovação/ reabilitação.
3. **Controlo de funcionamento**, ajustando, a nível temporal e espacial, a operação dos sistemas de acordo com múltiplos fatores (previsão de necessidades, consumos de energia, tarifas, emissões de GEE, potencial de produção, meteorologia, capacidade do sistema, interligação com sistemas de armazenamento, etc.).

Os desafios na gestão da qualidade da água (para consumo humano)

Luís Simas

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR)

1. Introdução

A água é vida. Esta frase é quase omnipresente sempre que se escreve ou fala sobre água, porque a vida tal como a conhecemos só é possível nas condições que o nosso planeta proporciona, garantindo que esta feliz ligação entre átomos de hidrogénio e oxigénio convive nos três estados físicos clássicos da matéria.

As propriedades extraordinárias da água como a sua tensão superficial elevada ou a sua capacidade de dissolver quase tudo, permitiram que a evolução da vida ficasse intimamente ligada a estas características e ao ciclo da água, que nos é ensinado nos primeiros anos de escola.

Este ciclo permite-nos perceber que este recurso é renovável e finito, estimado em 1386 milhões de quilómetros cúbicos [1]. Aliás, o ciclo da água é um excelente exemplo de economia circular, de como um recurso é utilizado e regenerado pela Natureza infinitas vezes e assegurando a sustentabilidade dos ecossistemas terrestres.

Curiosamente, a economia circular é hoje uma estratégia prioritária no espaço comum europeu, em paralelo com as soluções baseadas na natureza.

Outra frase quase omnipresente sempre que se fala ou se escreve sobre água é “O valor da água é incalculável”. Entendendo-se o significado desta frase como uma materialização da indispensabilidade da água à vida, a verdade é que os recursos hídricos têm um valor económico que, de acordo com o *World Wildlife Fund*, é de 58 triliões de dólares e corresponde a cerca de 60 % do Produto Interno Bruto do planeta, constituindo-se assim como o recurso natural mais valioso [2].

E, embora saibamos que a vida não é possível sem água, a verdade é que este valor económico está colocado em risco pela degradação dos rios, lagos, zonas húmidas e aquíferos causada pelas atividades humanas [2].

2. O papel do Homem no ciclo da água

Há cerca de 5 milhões de anos surgiram os primeiros hominídeos [3] e até à Revolução Agrícola, que ocorreu há 12 mil anos, pode dizer-se que a Humanidade viveu em harmonia com a Natureza, adotando um estilo de vida baseado na utilização dos recursos naturais disponíveis e deslocando-se sempre que estes escasseavam, o que permitia a recuperação natural dos que tinham sido utilizados.

A partir da Revolução Agrícola mudou-se o paradigma de integração da Humanidade nos ecossistemas com a adoção de um estilo de vida sedentário, caracterizado pelo surgimento de aglomerados populacionais, que por sua vez exigiam uma utilização crescente dos recursos naturais, incluindo os hídricos, e até a modificação do seu curso com o represamento de águas, por exemplo.

Esta interferência mais significativa nos processos naturais, designadamente no ciclo da água, aumentou exponencialmente a partir da Revolução Industrial no século XIX, e trouxe-nos até aos dias de hoje com um novo ciclo relacionado com a água: o ciclo urbano da água.

Sinteticamente, neste ciclo urbano da água desviamos este recurso do seu processo circular natural em proveito das necessidades básicas da Humanidade e devolvemo-lo, mais ou menos alterado na sua qualidade.

As consequências das nossas ações no ciclo natural da água determinam os desafios que a Humanidade enfrenta no século XXI para assegurar que este planeta continua a ser uma “casa” adequada para o Homem e para todos os ecossistemas que são essenciais para a manutenção do equilíbrio delicado que existe na Terra e permitem a perenidade da vida.

3. A qualidade da água (para consumo humano) e os seus desafios

O saneamento básico seguro é uma das maiores conquistas da Humanidade no que respeita à proteção da saúde humana, com um impacto superior, por exemplo, às vacinas ou aos antibióticos.

Contudo, ainda há um longo caminho a percorrer dado que cerca de um quarto da população mundial ainda não tem acesso a serviços de água seguros [4] e 69 % das mortes mundiais por diarreia estão relacionadas com a indisponibilidade de água e saneamento seguros [5], ou seja, os desafios da qualidade da água (para consumo humano) estão intimamente ligados com a proteção da saúde humana.

Numa perspetiva histórica, o saneamento básico pode ser dividido em quatro eras, sendo que a primeira corresponde ao desenvolvimento e implementação de sistemas de transporte de água, tendo como primeiro expoente a civilização romana clássica; a segunda era corresponde ao tratamento, designadamente a desinfecção da água, com o seu princípio coincidente com a Revolução Industrial; a terceira era está relacionada com o tratamento sistemático das águas residuais e a quarta era, a atual, marcada pelos desafios das alterações climáticas e dos compostos emergentes [6].

Esta divisão cronológica permite-nos enquadrar os desafios que são colocados à Humanidade neste domínio e que divido em três grupos.

3.1 Alterações climáticas

Sem nenhum critério de ordenação, o primeiro grupo referente às alterações climáticas coloca-nos o desafio da gestão da escassez crescente de água, sem perder de vista o seu oposto, ou seja, as chuvas torrenciais e as consequentes cheias, que muitas vezes acontecem em fenómenos consecutivos.

Ambos os fenómenos referidos podem ter impactos diretos na qualidade da água, constituindo-se o ordenamento do território e a forma como ocupamos os solos elementos-chave nesta gestão. Outro elemento-chave é a utilização eficiente e suficiente da água, para a qual é fundamental a definição das atividades económicas em função dos recursos hídricos existentes e não o seu contrário.

3.2 Compostos emergentes

O segundo grupo é o da presença dos compostos emergentes (pesticidas, desreguladores endócrinos, microplásticos ou PFAS, para dar alguns exemplos) na água. Estes compostos são uma consequência direta dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos ocorridos em áreas tão diversas como a agricultura, a saúde ou diversas tipologias industriais.

De facto, desde a Revolução Científica, iniciada no século XVI, a Humanidade desenvolveu um método para validar os conhecimentos com base na experiência e na razão [7], criando a capacidade de o Homem procurar uma resposta racional para todas as perguntas e uma solução para todos os problemas que enfrentava.

Neste seguimento, os séculos XIX e XX foram muito profícuos na capacidade de sintetizar compostos para melhorar as produções agrícolas, para combater doenças ou para melhorar a qualidade da vida em geral.

O reverso da medalha com que temos sido confrontados é a presença destes compostos ou dos seus derivados no ambiente em geral e na cadeia alimentar e nos recursos hídricos, em particular.

Estamos assim perante a necessidade de corrigir estes problemas e, simultaneamente, desenvolver as alternativas que não tenham as consequências secundárias que se estão a manifestar.

Um exemplo do que pode ser feito é a estratégia que foi seguida para diminuir o buraco de ozono, ou seja, por um lado eliminar a causa deste fenómeno, o que se fez proibindo a utilização dos CFC, e paralelamente desenvolver alternativas viáveis para as funções desempenhadas pelos CFC na qualidade de vida da sociedade.

Uma abordagem idêntica foi proposta à Comissão Europeia por um conjunto de 5 países para as pressões colocadas no ambiente pelas substâncias per e polifluoroalquil (PFAS), designadas por “químicos eternos”, com uma retirada imediata destes compostos quando são utilizados em atividades não essenciais e uma retirada faseada dos que são necessários em atividades essenciais [8].

Em simultâneo com esta retirada faseada, pretende-se que a comunidade científica desenvolva alternativas que não tenham consequências negativas para o ambiente. Podemos sistematizar o combate ao desafio dos compostos emergentes na água com a definição de uma estratégia que elimine a causa do problema, que corrija as consequências negativas e que investigue uma solução viável e inócua para os recursos naturais, designadamente os recursos hídricos.

Em resumo, não basta desenvolver soluções de tratamento da água, uma vez que estas corrigem apenas as consequências de um problema e não a sua causa.

3.3 Segurança da água

Finalmente, o terceiro grupo consiste no desafio da proteção física e cibernética dos recursos hídricos e das infraestruturas que estão associadas ao seu transporte, tratamento, armazenamento e distribuição.

É de realçar que no planeta existem mais de 260 bacias hidrográficas partilhadas por dois ou mais países, configurando-se como potenciais fontes de conflito ou de tensão [9]. Acresce ainda que os recursos hídricos e as infraestruturas associadas podem ser a causa para espoletar um conflito, mas também podem ser uma baixa ou até utilizados como uma arma [9].

E se estes factos são uma realidade a nível global, também o são a nível nacional, regional ou local sempre que a água seja um fator de competitividade. Um outro aspeto que releva para este desafio nos serviços de água é a crescente preocupação da União Europeia no combate ao terrorismo, que desde uma série de atentados que ocorreram no espaço europeu em 2015, definiu e adotou um conjunto de regras com o qual se pretende defender contra esta ameaça [10].

É importante salientar as diretivas 2022/2555 e 2022/2557, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de dezembro, relativas à cibersegurança e à resiliência das entidades críticas, que estão na sua fase final de publicação no ordenamento jurídico nacional e incluem os serviços de água nos seus âmbitos.

Ora, sendo os recursos hídricos e as suas infraestruturas essenciais e indispensáveis à continuidade do funcionamento da sociedade e à imprescindível proteção da saúde humana, constituem-se também como um alvo potencial daqueles que querem criar um clima de terror.

Neste âmbito, as formas de atuação hostis poderão ser, por exemplo, ataques às infraestruturas, tentativas de contaminação da água ou ataques às infraestruturas digitais que estão cada vez mais presentes na gestão dos sistemas de abastecimento, quer nos aspetos relacionados com a quantidade, quer nos aspetos relacionados com a qualidade da água.

Por todas estas razões, a proteção física e cibernética dos recursos e demais equipamentos associados aos serviços de água são um desafio no presente e deve constituir uma prioridade para os diversos atores neste setor, com recurso ao enquadramento proporcionado pela estratégia europeia consubstanciada nas diretivas atrás referidas.

4. Conclusão

Na última década do século XX e neste primeiro quartel do século XXI houve uma evolução muito assinalável no setor do abastecimento de água para consumo humano em Portugal, que se tem traduzido em níveis de qualidade do serviço bons e na excelência da qualidade da água para consumo humano.

É por isso indispensável que continuemos a trilhar um caminho de melhoria contínua, assente em princípios de eficiência e suficiência de utilização dos recursos hídricos, de partilha e cooperação entre os diversos atores deste setor, sem nunca esquecer a importância da inovação, a relevância de estar “um passo à frente” para fazer face a estes e outros desafios que nos sejam colocados.

O desafio maior que nos é colocado é sermos capazes de manter o ciclo urbano da água como um garante da qualidade de vida da nossa sociedade sem colocar em causa o funcionamento do ciclo natural desta molécula tão simples e ao mesmo tempo tão desafiadora para a Humanidade.

Referências Bibliográficas

- [1] - <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html>
- [2] - https://wwf.panda.org/wwf_news/press_releases/?9842941/water-report-2023
- [3] - https://pt.wikipedia.org/wiki/Cronologia_da_hist%C3%B3ria_do_mundo
- [4] - <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- [5] - <https://news.un.org/pt/story/2023/06/1816807>
- [6] – Sedlak, David; “Water 4.0 – The Past, Present, and Future of the World’s Most Vital Resource”; Yale Up; 2015
- [7] - https://pt.wikipedia.org/wiki/Revolu%C3%A7%C3%A3o_Cient%C3%ADfica
- [8] - <https://echa.europa.eu/pt/-/echa-publishes-pfas-restriction-proposal>
- [9] - <https://pacinst.org/water-conflict-chronology/>
- [10] - <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/fight-against-terrorism/#priority>

O papel da tecnologia para a melhoria da eficiência nas organizações e nos serviços

Hélder Costa e Eduardo Rodrigues

Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

A tecnologia tem desempenhado um papel crucial na otimização dos processos organizacionais e na melhoria da eficiência dos serviços essenciais, entre os quais os serviços públicos de hidráulica urbana. Nos últimos anos, o avanço de novas tecnologias e equipamentos emergentes têm transformado a maneira como as entidades gestoras gerem os seus recursos, reduzem desperdícios e aumentam a qualidade dos serviços prestados à população portuguesa.

Sendo fundamental para garantir a sustentabilidade, a redução de perdas de água e a eficiência operacional, conhecermos em tempo útil a operação e exploração integrar dos sistemas. Onde a correta aplicação de instrumentação, sistemas de automação e telegestão em todo ciclo de águas é crucial para gerir todos os recursos hídricos e criar sustentabilidade financeira às Entidades gestoras.

Os sistemas de controlo de supervisão e aquisição de dados tem sido uma ferramenta vital, apoiando as empresas de serviços públicos de água na manutenção da saúde pública, garantindo a conformidade e otimizando as operações. Sendo um componente crucial para manter a nossa água limpa, disponível e segura. Mas muitos sistemas estão agora a mostrar a sua idade, criando riscos indevidos. E embora a necessidade de modernização seja premente, os profissionais da água estão compreensivelmente preocupados com as dificuldades envolvidas numa migração tão complexa.

O Impacto da Tecnologia na Eficiência Organizacional

As organizações, independentemente do setor de atuação, estão a investir cada vez mais em tecnologias para melhorar a sua produtividade, rentabilidade e a eficiência. A **automação de processos, a inteligência artificial (IA) e a análise de “big data”** são algumas das ferramentas que, atualmente, já permitem uma gestão mais precisa e estratégica dos recursos empresariais.

A automação de tarefas repetitivas, por exemplo, reduz custos operacionais e minimiza erros humanos, permitindo que os funcionários se concentrem em atividades estratégicas. Além disso, o **uso de softwares de gestão integrada (ERP e SCADA) possibilita a recolha e análise de dados em tempo real, contribuindo para a tomada de decisões baseadas em informações concretas e atualizadas.**

Nos últimos anos, o avanço de novas tecnologias e equipamentos emergentes têm transformado a maneira como as entidades gestoras gerem os seus recursos, reduzem desperdícios e aumentam a qualidade dos serviços prestados à população portuguesa. No setor de abastecimento de água, essas inovações têm sido fundamentais para garantir a sustentabilidade, a redução de perdas de água e a eficiência operacional, mas surgem hora avante muitos desafios para os atuais sistemas:

- Proteger o sistema de água contra paragens ou eventos cibernéticos através de sistemas mais resiliente e ciberseguros.

- Tirar partido de análises avançadas e das estratégias de controlo para a doseamentos precisos de produtos químicos, diminuindo a utilização de energia e reduzindo as emissões de carbono, e ao mesmo tempo melhorar a qualidade da água.
- Racionalizar e priorizar os alarmes, para que os operadores possam concentrar a sua atenção nos processos mais críticos.
- Mitigar riscos utilizando tecnologia que funciona perfeitamente, sem nenhum dos “elos fracos” de um sistema legacy corrigido.
- Serem mais flexível com o talento – criando capacidades internas para manutenção ou atualizações para minimizar possíveis desafios com sistemas desatualizados ou defeituosos.
- Alcançar uma consciência situacional abrangente, permitindo insights em tempo real de todo o sistema para uma gestão proativa e uma resposta rápida a questões emergentes em todo o sistema de água.

A implementação de soluções baseadas em inteligência artificial também tem impulsionado a eficiência organizacional, possibilitando previsões mais precisas, manutenção preditiva de equipamentos e infraestruturas e a personalização dos serviços oferecidos. Assim, as entidades gestoras conseguem melhorar a experiência do cliente, aumentar sua competitividade e reduzir desperdícios de tempo e recursos.

Tecnologias Emergentes nos serviços de Abastecimento de Água

No setor de abastecimento de água, a adoção de novas tecnologias tem sido essencial para enfrentar desafios como as alterações climáticas, eficiência hídrica, gestão de ativos, eficiência energética e melhoria na qualidade da água distribuída. Entre as principais inovações estão os sensores inteligentes, a telemetria, os sistemas de monitorização remota e a Internet das Coisas (IoT).

Os sensores inteligentes (medidores de caudal, sensores de pressão, etc.) **permitem cada vez mais uma monitorização contínua e mais completa das redes de distribuição de água**, identificando fugas e roturas mais rapidamente, reduzindo desperdícios. Estes dispositivos, integrados em sistemas de telegestão, **enviam dados em tempo real para centrais de controlo, possibilitando ações corretivas imediatas e reduzindo significativamente as perdas de água.**

A gestão de pressões também tem sido altamente implementada, **através de válvulas redutoras de pressão, válvulas redutoras de duplo patamar e controladores automáticos que ajustam a pressão nas redes** em função dos consumos, horas ou até ponto crítico, **minimizando desperdícios e o risco de fugas e/ou roturas.**

Equipamentos de **monitorização da condição do estado das máquinas**, com análise de vibrações e de eficiência energética das mesmas, tem vindo a ser uma grande ajuda para mitigar problemas de eficiência dos processos e mesmo para adoção de bombas mais eficientes e energias renováveis reduzem custos e impactos ambientais.

A deteção ativa de fugas também avançou significativamente com **equipamentos acústicos altamente sensíveis** capazes de detetar ruídos característicos de fugas em tubagens de abastecimento de água, com recurso a inteligência artificial e mesmo **tecnologias que utilizam imagens de satélite para identificar fugas não visíveis.**

A Internet das Coisas (IoT) também tem desempenhado um papel essencial na modernização dos serviços de abastecimento de água. **Dispositivos conectados à IoT (como p.e os sensores inteligentes) permitem um controlo mais preciso de**

níveis de reservatórios, pressão nas tubagens e qualidade da água, garantindo uma maior eficiência na distribuição e evitando interrupções desnecessárias no fornecimento.

Além disso, estamos a caminhar, ainda que lentamente, para a **massificação dos contadores (residenciais e não residenciais) de água inteligentes (smart meters) – com telemetria, que possibilitam uma medição mais precisa do consumo e uma periodicidade diária e mensal**, eliminando a necessidade de leituras manuais e, em alguns casos, de apenas 1 ou 2 vezes ao ano. Estes equipamentos permitem às EG a realização de balanços hídricos mensais e diários, aumentando a eficiência na gestão dos sistemas e a deteção de anomalias em tempo real. Não obstante estes equipamentos fornecem também às EG um conjunto de alarmes valiosos, como caudal zero ou consumos mínimos constantes, o que permite alertar o cliente final de possíveis roturas no interior da sua casa, o que melhora, não apenas, a gestão do abastecimento, mas também a relação das EG com os seus clientes.

Combinando a informação fornecida por estes equipamentos e a inteligência artificial e o badalado *machine learning*, é possível a criação de modelos preditivos para a manutenção de infraestruturas hidráulicas. Com isso, é possível antever falhas em tubagens, grupos eletrobombas e reservatórios, reduzindo custos com reparações de emergência e aumentando a resiliência dos sistemas.

Controlo das aflúências indevidas

As alterações climáticas, as infiltrações e o controlo dos pluviais nos sistemas de drenagem de águas residuais, têm ganho muita importância perante a atual sociedade, devido a falta de monitorização, de controlo da qualidade das águas, e de sistemas de drenagem fiável perante os atuais cenários de pluviosidade e totalmente separativos, podendo colocar em causa o uso sustentável dos sistemas.

Nas situações mais críticas e em especial nas épocas de chuvas, as aflúências indevidas revelam-se um problema operacional, com condicionamento do funcionamento dos sistemas de bombagem e de tratamento. E sempre que é ultrapassada a capacidade dos sistemas, verificam-se descargas em descarregadores de emergência ou de tempestade ou mesmo extravasamentos que em pontos críticos, com o agravante do efluente não sofrer qualquer tratamento e pode constituir uma fonte de poluição significativa para o meio hídrico.

É necessário elaborar um vasto conjunto de medidas relevantes para a redução dos custos de operação dos sistemas urbanos de drenagem, no que concerne à redução de descargas inadequadas para o meio ambiente; redução de inundações urbanas; e melhoria da gestão energética, por via da diminuição do caudal afluente e mesmo o controlo analítico dos efluentes. Sendo vital efetuar uma avaliação do desempenho dos atuais sistemas de drenagem sob chuvas projetadas para o futuro, de forma a mitigar o aumento nos riscos de inundação. Portanto, é crucial empregar as melhores práticas de gestão (BMPs) ideais no momento certo para melhorar o desempenho do sistema diante dos impactos das mudanças climáticas.

Medidas como conservação, reutilização, educação para a sustentabilidade, inovação tecnológica, a colaboração intersectorial e a revisão legislativa são fundamentais para garantir o futuro da gestão hídrica. Além disso, a medição precisa e o uso de tecnologias avançadas são essenciais para uma gestão eficaz dos recursos hídricos.

Benefícios da Digitalização e da Automação

A digitalização e a automação dos serviços de abastecimento de água trazem diversos benefícios para as entidades gestoras responsáveis pela gestão dos recursos e para a população em geral. Entre as principais vantagens estão:

- a) Redução de perdas: A tecnologia e algoritmos avançados que analisam dados de pressão, caudal e consumo permitem identificar perdas invisíveis na rede e a detecção rápida de fugas/roturas e falhas na distribuição, minimizam desperdícios e aumentando a eficiência no uso da água.
- b) Gestão de Recursos: Modelação hidráulica e SIG permitem planear e gerir recursos hídricos de forma eficaz.
- c) Melhoria na qualidade da água: Monitorização contínua da qualidade da água assegura que os padrões sanitários sejam mantidos, protegendo assim a saúde pública.
- d) Eficiência energética: O uso de fontes de energia renovável, como painéis solares e sistemas de reaproveitamento energético, podem contribuir para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos. Bem como o uso de sistemas de automatização de forma a se reduzir o consumo de energia em estações de tratamento e distribuição, tornando o processo mais sustentável e económico.
- e) Maior transparência e controlo: Com a digitalização, as EG podem fornecer informações mais precisas aos consumidores, aumentando a confiança e a satisfação do cliente.
- f) Sustentabilidade: As Tecnologias ajudam a adaptar-mo-nos às alterações climáticas e a reutilizar águas residuais. A gestão inteligente dos recursos hídricos promove um consumo mais racional e sustentável, reduzindo impactos ambientais.

Conclusão

O avanço da tecnologia tem revolucionado a forma como as organizações operam e melhoram os seus serviços, sendo um fator essencial para a eficiência e sustentabilidade dos processos. No setor de abastecimento de água, a implementação de sensores inteligentes, sistemas de monitorização remotos e inteligência artificial tem proporcionado melhorias significativas na gestão dos recursos hídricos, reduzindo desperdícios e garantindo um fornecimento mais eficiente e confiável.

Diante desse cenário, é fundamental que as empresas do setor e os governos continuem a investir em inovação e tecnologia de forma a otimizar as infraestruturas hidráulicas, promover a sustentabilidade e garantir que a população tenha acesso a serviços de abastecimento de água e saneamento de qualidade, ambientalmente responsáveis e cada vez mais eficientes e seguros.

O papel de ferramentas avançadas de inteligência artificial na gestão dos serviços de água

Nelson Carriço¹ e Dídia Covas²

¹ Comissão Especializada de Serviços de Águas (CESA) da APRH

² Instituto Superior Técnico (IST)

Introdução

Os serviços urbanos de água enfrentam desafios crescentes, essencialmente, devido ao envelhecimento das suas infraestruturas (consequência do desinvestimento e escassez de recursos financeiros), às mudanças climáticas (com aumento de frequência dos períodos de secas prolongados e eventos de precipitação intensa), e às flutuações demográficas (com fluxos migratórios turísticos, alternando com ciclos em alta de crescimento económico mundial e em baixa devido a crises mundiais, como por exemplo, a crise pandémica por COVID-19).

Para além disso, prevê-se que a nível mundial haja um défice de cerca 40% na disponibilidade de água doce até 2030, sendo que cerca de metade da população mundial já sofre com escassez hídrica. Estima-se, ainda, que cerca de 30% da água potável tratada se perca nas redes de distribuição de água a nível mundial, o que evidencia ineficiências significativas dos sistemas de abastecimento e de distribuição. Perante este cenário, as entidades gestoras devem adotar ferramentas avançadas de inteligência artificial (IA) para melhorar a eficiência dos seus sistemas, reduzir perdas de água e aumentar a resiliência dos seus serviços.

As tecnologias como modelos preditivos de aprendizagem máquina (*machine learning*), aprendizagem profunda (*deep learning*), gémeos digitais (*digital twin*), e até modelos de linguagem avançados (e.g., GTP-4) estão a transformar a forma como se monitoriza, opera, e planeia o investimento nos sistemas de abastecimento de água. Este texto explora aplicações práticas dessas tecnologias – desde previsão de consumos e deteção de fugas até otimização do funcionamento de redes, apoio à decisão e interação com utilizadores – bem como os desafios relacionados com a sua implementação, em termos de cibersegurança, formação e investimento, e as perspetivas futuras para o setor.

Monitorização e previsão de consumo de água

A IA tem um papel fundamental na monitorização em tempo real e previsão de consumos nos sistemas de abastecimento de água (SAA). Os contadores inteligentes e os dispositivos IoT estão cada vez mais acessíveis e a preços competitivos, permitindo a sua larga utilização, e tornando possível recolher dados em modo contínuo relativos ao consumo de água em pequenos e grandes consumidores (e.g. indústrias, comércio) assim como em sectores ou na totalidade da rede de distribuição.

Os dados recolhidos pelos contadores inteligentes podem ser analisados por algoritmos de *machine learning* que, depois de processados e em conjunto com outras variáveis, como por exemplo, condições meteorológicas (e.g., precipitação, temperatura, humidade do ar) e padrões sazonais (e.g., verão, inverno), permitem identificar projeções de curto e médio

prazo do consumo de água dos consumidores individuais ou da população abastecida (Eldamaty *et al.*, 2025; Wang *et al.*, 2023) leading to an increase in water demands. Out of the various solutions that were implemented to face the challenge, demand and supply side management were heavily investigated. The balance between water supply and demand requires efficient water management system techniques, which are highly dependent on the use of accurate forecasting methodologies and tools. Accurate demand forecasting is a necessary input to many water processes, such as determining the required water reserve precisely as well as developing optimum operational plans for pumping stations and water production plants. There is no single global optimum method used to forecast water demand. It is more of a case-by-case approach depending on the network complexity, operational limitations, available data, forecast horizon, intuitiveness of the tool, and accepted percentage of deviation between actual and forecasted demand. The purpose of this paper is to achieve the global sustainability goal by addressing the gap that is currently present between water supply and demand. This is done by presenting an innovative and accurate methodology to forecast water demand using machine learning (ML). Existem vários modelos de *machine learning* que têm sido usados para a previsão diária do consumo com elevada precisão, sendo o mais popular o algoritmo de redes neurais artificiais (Maußner *et al.*, 2025) AI applications in water supply systems are categorised as high-risk AI if a failure in the AI application results in a significant impact on physical infrastructure or supply reliability. The use case of water demand forecasts with AI for automatic tank operation is for example categorised as high-risk AI and must fulfil specific requirements regarding model transparency (traceability, explainability). Este tipo de ferramentas permite estimar com antecedência as necessidades de água em diferentes horas do dia e épocas do ano, e, assim, apoiar os gestores das infraestruturas na otimização dos ciclos de enchimento dos reservatórios e na gestão do bombeamento nas estações elevatórias. Deste modo, o gestor destes sistemas pode proactivamente ajustar a oferta de água à procura evitando tanto falhas no abastecimento como perdas elevadas (desperdícios) ou a custos energéticos desnecessários. Existem estudos recentes que demonstram novas abordagens de IA robustas a falhas de sensores – por exemplo, redes neurais recorrentes com convolução em grafos capazes de prever consumos de forma fiável mesmo que alguns dados de sensores em campo falhem (Zanfei *et al.*, 2022).

A monitorização inteligente e a análise preditiva providas pela IA tornam o abastecimento de água mais proativo e resiliente em face das variações da procura.

Deteção de eventos anómalos e roturas

Uma outra aplicação em que a IA se tem mostrado crucial é na deteção atempada de padrões anómalos de consumo, nomeadamente, roturas ou usos indevidos de água que causam perdas de água e, portanto, ineficiências e gastos operacionais acrescidos. Segundo o Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos de Portugal (RASARP), de 2023, publicado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), a perdas de água associadas a fugas e roturas constituem um problema grave em muitos SAA representando cerca de 20-30% da água tratada e cerca de 75,4% da água não faturada dos serviços em baixa em Portugal, o que corresponde a cerca de 169,7 milhões de m³ de água perdida todos os anos. Se por hipótese for considerado um custo de produção de 0,50€/m³ tem-se que a perda em termos financeiros é da ordem dos 85,85 M€ que poderiam ser reinvestidos nos serviços de água. Nas últimas décadas, as entidades gestoras têm empreendido esforços significativos para controlar e avaliar as perdas de águas através da criação de zonas de medição e controlo (ZMC) e da monitorização constante destas zonas através de sensores de pressão e caudal, cujos dados em tempo real alimentam algoritmos inteligentes de deteção de anomalias.

Os dados recolhidos em tempo real têm de ser processados para corrigir as eventuais falhas das séries temporais (Ferreira *et al.*, 2022) such as the calibration of hydraulic models or the detection and location of leaks and bursts. The methodology is a four-step procedure: (a e, posteriormente, os modelos de aprendizagem automática (*machine learning*) processam esta informação e permitem identificar padrões indicativos de eventos anómalos do consumo, reconhecendo desvios entre o caudal esperado e o medido numa determinada secção podendo depois acionar alarmes. Por exemplo, os algoritmos de IA podem ser treinados para reconhecer assinaturas de roturas súbitas ou usos indevidos em dados de pressão e/ou de caudal, permitindo detetar um padrão de desvio e até estimar a sua localização aproximada (Mashhadi *et al.*, 2021)

Na prática, sistemas de deteção de fugas assistidos por IA têm demonstrado resultados com taxas de sucesso muito elevadas e promissoras. Em plataformas integradas de gestão de informação, a IA pode correlacionar leituras de milhares de sensores instalados na rede para apontar ocorrências anómalas. Por exemplo, uma grande entidade gestora do Reino Unido implementou um sistema inteligente que analisa dados de 7.000 sensores quase em tempo real para detetar fugas e roturas. Desta forma, reduzindo o tempo de deteção e aumentando a sua eficácia na localização, a aplicação de algoritmos avançados e otimização de pressões permite reduzir significativamente o volume de perdas de água e os custos operacionais associados.

Refira-se que a IA não se limita apenas a detetar e localizar fugas e roturas, que é a utilização mais frequente, mas pode, igualmente, ser utilizada para identificar consumos anómalos relacionados com consumos ilícitos (e.g., manipulação fraudulenta de contadores ou consumos atípicos que indiquem avarias no ramal) ou outros usos inesperados (e.g. lavagem de ruas, enchimento de autotanques). Em qualquer dos casos, a velocidade na deteção e a sua precisão permitem diminuir significativamente a água não medida e os prejuízos financeiros associados, tornando o serviço mais sustentável.

Otimização operacional e redes inteligentes

A otimização de redes de distribuição através de IA engloba desde o controlo adaptativo do funcionamento de estações elevatórias e de válvulas de regulação de caudal e de pressão até à gestão inteligente de pressões e qualidade da água. Os SAA são extremamente complexos, com múltiplos reservatórios, estações elevatórias e malhas de condutas interligadas, pelo que a tomada de decisão ótima (e.g., que bombas ligar e com que frequência, para manter as pressões adequadas com um consumo mínimo de energia) beneficia enormemente de ferramentas de IA. Os modelos de otimização suportados por algoritmos de *machine learning* conseguem analisar em tempo real o estado da rede e sugerir ajustes operacionais para melhorar a eficiência do serviço prestado. Um exemplo disso é o controlo dinâmico das pressões, em que os algoritmos podem definir os pontos de regulação (set points) ótimos de válvulas redutoras de pressão (VRP) de acordo com o consumo instantâneo, garantindo níveis de serviço e ao mesmo tempo reduzindo a pressão que, por consequência, controla as perdas de água.

A IA também pode ser bastante útil na manutenção preditiva de infraestruturas, dado que consegue prever falhas antes de estas acontecerem, ao reconhecer padrões precoces de degradação em dados de sensores (e.g. através da vibração, temperatura, consumo de energia de bombas). Este tipo de análise preditiva permite estabelecer programas de intervenções de manutenção de uma forma otimizada, evitando avarias inesperadas e prolongando a vida útil de ativos. Por exemplo, os modelos preditivos de degradação podem integrar dados de características das condutas (i.e., idade, material, diâmetro), e o histórico das avarias, as condições do solo e até informações geoespaciais para estimar a probabilidade de falha de cada secção da rede. Com base nestes modelos, as entidades gestoras podem definir as prioridades de intervenção de

reabilitação dos trechos de condutas mais vulneráveis antes da falha, poupando custos e inconvenientes aos utilizadores da infraestrutura.

Gêmeos digitais e simulação avançada

Uma das aplicações mais revolucionárias é a criação de gêmeos digitais (digital twins) de sistemas de água – que são representações virtuais em tempo real das infraestruturas físicas, alimentadas por dados de sensores, modelos hidráulicos e algoritmos de IA. Um gêmeo digital atua como *cópia virtual* da rede ou instalação, refletindo o seu estado atual e permitindo testar virtualmente diferentes condições e cenários. Na prática, estes modelos integrados simulam o desempenho dos ativos (bombas, válvulas, condutas) sob diversas situações, apoiando desde a operação diária até o planeamento de longo prazo (Baena-Miret *et al.*, 2024; Bonilla *et al.*, 2022; Conejos Fuertes *et al.*, 2020) designed to enhance the efficiency and quality control of Aigües de Barcelona's drinking water network. The first prototype focuses on asset management, using (near. Pode-se utilizar um gêmeo digital para efetuar simulações de vários cenários como por exemplo, a rotura de uma conduta adutora, ou a contaminação de uma origem de água, avaliando o seu impacto nas variações de pressões, caudais e qualidade da água sem nenhum risco real para os utilizadores. Esta capacidade de *simulação real* fornece informação fidedigna para planejar respostas a emergências e investir em medidas preventivas. Do ponto de vista tecnológico, um gêmeo digital integra múltiplas camadas de dados, desde as leituras do sistema SCADA e IoT em tempo real, até modelos hidráulicos “calibrados” e algoritmos de otimização. Um gêmeo digital consegue prever o comportamento do sistema perante alterações do seu funcionamento, identificar constrangimentos ou falhas iminentes e proceder a ações corretivas. Existem exemplos de gêmeos digitais em funcionamento, como o da cidade de Valência, em Espanha (Conejos Fuertes *et al.*, 2020) in the future, they will be crucial for decision making. In this paper, the authors propose several requirements that a DT of a water distribution system should accomplish. Developing a DT is a challenge, and a continuous process of adjustments and learning is required. Due to the advantages of having a DT of the WDS always available, during the last years a strategy to build and maintain a DT of the water distribution network of Valencia (Spain e o da cidade de Jackson, no estado do Mississippi, nos Estados Unidos da América. Este último é uma réplica digital da rede de distribuição de água constituída por cerca de 1350 km de condutas, 17 estações elevatórias, incorporando dados geoespaciais e sensores em tempo real, permitindo aos engenheiros diagnosticar e resolver problemas de infraestrutura de forma muito mais ágil, examinando virtualmente situações como variações de caudal e pressão ou o efeito de roturas e contaminações de água na rede. Como resultado, os gestores da infraestrutura conseguem agora detetar e mitigar problemas de pressão e a ocorrência de roturas de forma muito mais célere, em períodos de algumas horas, o que antes demorava dias a identificar e resolver (Brears, 2024).

Apoio à decisão e interação com os utilizadores

As ferramentas de IA avançada não servem apenas para otimização técnica, estão também a transformar a forma como profissionais e utilizadores interagem com a informação no setor da água. Um exemplo emergente é o uso de modelos de linguagem natural, como o GPT, para apoio à decisão e ao atendimento ao cliente. As plataformas de gestão estão a integrar *chatbots* inteligentes que entendem perguntas em linguagem comum e fornecem respostas baseadas em dados do sistema. Isto permite, por exemplo, que um gestor operacional faça perguntas ao assistente de IA e obtenha instantaneamente a informação solicitada, como por exemplo, “A nossa água está em conformidade hoje?” ou “Faz-me um resumo da qualidade da água da última semana”. Esta capacidade já está a ser incorporada por algumas empresas de software nos seus

produtos de modo a automatizar tarefas rotineiras de análise e reporte (como gerar relatórios de qualidade ou verificar se todos os parâmetros regulamentares estão dentro dos limites); estas ferramentas permitem libertar tempo dos especialistas para atividades de maior valor e reduzem a latência na obtenção de respostas. Não menos importante, *chatbots* avançados melhoram a experiência dos utilizadores finais. As entidades gestoras mais avançadas já estão a explorar assistentes virtuais para atendimento ao cliente 24/7, capazes de esclarecer dúvidas sobre faturação, reportar avarias ou aconselhar sobre poupança de água com linguagem clara e precisa. Os modelos de linguagem modernos conseguem gerar respostas com fluidez quase humana e contexto adequado, sobretudo quando treinados com dados e terminologia do setor. Isto significa que um consumidor pode dialogar pelo site ou pela aplicação da entidade gestora e obter ajuda imediata e personalizada, por exemplo, pode questionar porque é que a sua faturação veio mais elevada num dado mês e o sistema imediatamente analisa os consumos do cliente e explica a razão do aumento numa linguagem natural, que se deve a provavelmente, a uma fuga na sua rede domiciliária, sugerindo inclusivamente para verificar, as torneiras e os autoclismos. Ao nível da entidade gestora, os assistentes virtuais alimentados por IA podem também apoiar as equipas de campo ou da central de operações, respondendo a consultas sobre procedimentos (e.g., como isolar determinado setor de rede) ou fornecer recomendações baseadas em casos históricos e em tempo real do sistema.

Desafios na implementação da IA

Apesar do potencial transformador, a adoção de ferramentas avançadas de IA no sector urbano da água acarreta desafios importantes. Um dos principais é a cibersegurança: ao interligarem-se infraestruturas críticas de água a sistemas digitais e algoritmos de controlo, aumenta-se a superfície de ataque a possíveis ameaças cibernéticas. Nos últimos anos, têm-se multiplicado o número de ataques de *hackers* a comprometer sistemas industriais. No sector da água, registaram-se casos alarmantes, como tentativas de manipular remotamente estações de tratamento. Os especialistas ressaltam, por isso, o papel crítico da cibersegurança para proteger as infraestruturas hídricas destes riscos crescentes (Kurani, 2024). É imperativo que, paralelamente à implementação de IA, as entidades gestoras invistam em medidas robustas de segurança (encriptação, segmentação de redes, deteção de intrusões) e capacitação das equipas para seguirem boas práticas de tecnologia da informação e tecnologia operacional (TI/TO), sob pena de uma intromissão maliciosa poder anular os benefícios da digitalização. Outro desafio está na gestão de mudança e capacitação dos recursos humanos. A incorporação de IA e análise de dados exige competências especializadas que nem sempre existem nas equipas das entidades gestoras, sobretudo nas de menor dimensão com recursos limitados. Muitas organizações enfrentam *lacunas de formação*, ou seja, têm pessoal altamente experiente na operação dos sistemas, mas que não estão minimamente familiarizados com ferramentas de ciência de dados ou de IA. E há, também, as resistências culturais, a hesitação em confiar decisões críticas às “caixas negras” algorítmicas, e o receio de que a automação torne alguns postos de trabalho desnecessários e que isso implique a perda de postos de trabalho. Estes obstáculos (complexidade técnica, custos e hesitação organizacional) têm sido bem reconhecidos no setor (Arnaud, 2024; Carriço *et al.*, 2020). Para superá-los, recomenda-se investir fortemente na formação multidisciplinar – capacitar engenheiros e operadores com noções de análise de dados e, em paralelo, formar cientistas de dados no domínio específico da água. Os programas de *upskilling* e *reskilling* e as parcerias com empresas tecnológicas ou centros de investigação podem ajudar a colmatar o fosso de competências. Adicionalmente, iniciar projetos-piloto bem-sucedidos é uma estratégia eficaz para demonstrar valor e ganhar adesão interna, pois evidencia na prática os ganhos de eficiência e fiabilidade alcançáveis com a IA. O investimento financeiro é outro ponto crítico, implementar sensores, sistemas de comunicação, plataformas de IA e capacitar pessoas envolve custos

significativos. Embora o retorno possa ser elevado, através da redução das perdas de água, da melhoria da eficiência energética e da otimização do investimento e redução e gastos operacionais, nem todas as entidades gestoras dispõem de orçamento ou apetência para arriscar em inovação. Nas entidades gestoras mais pequenas estão a emergir soluções *as a service* ou consórcios entre municípios como modelos de negócios que permitem que acedam a ferramentas de IA avançadas sem investimentos proibitivos. Por último, há desafios ligados à qualidade e integração de dados, muitas entidades gestoras possuem dados históricos limitados ou espalhados por silos departamentais (e.g., comerciais, operacionais, laboratoriais). A eficácia da IA depende de dados fiáveis e abrangentes. Assim, é necessário realizar um esforço de integração (e.g. interligar bases de dados de SCADA, SIG, manutenção, clientes) e garantir a qualidade desses dados, eliminando inconsistências e preencher as lacunas.

Perspetivas futuras e conclusão

O futuro aponta para uma ampliação do papel da IA na gestão dos serviços de água. A transformação digital do setor está apenas no início, com estudos a indicarem um crescimento exponencial do mercado de soluções inteligentes. No setor das entidades gestoras, em geral, a despesa global em plataformas de IA está projetada para quase duplicar nos próximos anos – de 9,8 mil milhões de dólares em 2024 para 17,8 mil milhões em 2027, segundo a Gartner (Donovan, 2025), refletindo a forte adoção esperada destas tecnologias. Mais especificamente no sector da água, antevê-se que a IA se torne cada vez mais entrelaçada nas operações do dia-a-dia. Os gémeos digitais deverão evoluir para plataformas ainda mais sofisticadas, incorporando modelos de inteligência artificial de autoaprendizagem que refinam continuamente as suas previsões à medida que novos dados chegam.

Outra tendência será a crescente democratização do acesso à IA, com interfaces em linguagem natural e visualização intuitiva, os *insights* de algoritmos complexos estarão ao alcance de decisores não técnicos. Do ponto de vista tecnológico, espera-se avanços na explicabilidade dos modelos de IA, importante para o setor de água que é conservador e altamente regulado, os algoritmos futuros poderão explicar em termos claros porque é que recomendam determinam ação. Adicionalmente, a fusão de dados de múltiplas fontes irá aprofundar-se, a integração de dados de satélite, informações meteorológicas e até indicadores socioeconómicos nos modelos permitirá abordar de forma holística questões como a segurança hídrica e o planeamento estratégico de longo prazo. No horizonte vislumbra-se também uma maior colaboração entre os setores – energia, águas e saneamento – através de plataformas inteligentes integradas, dado que os desafios de sustentabilidade e resiliência são interdependentes (o conceito de cidades inteligentes e infraestrutura “multissetorial” integrada). No entanto, juntamente com as promessas, as preocupações éticas e de governança da IA tornar-se-ão mais prementes: será crucial assegurar que as decisões automatizadas sejam justas, transparentes e alinhadas com os objetivos de serviço público, e que os dados dos cidadãos estejam protegidos.

Em conclusão, as ferramentas avançadas de IA estão a emergir como aliadas indispensáveis na gestão dos serviços de água – potencializando a eficiência, reduzindo as perdas de água, melhorando a qualidade do serviço e aumentando a capacidade de enfrentar desafios futuros.

Referências Bibliográficas

Arnaud, J. (2024, September 24). *Harnessing AI, machine learning, and digital twins for sustainable water management*. Schneider Electric Blog. <https://blog.se.com/digital-transformation/2024/09/24/leveraging-ai-for-sustainable-water-management/>

- Baena-Miret, S., Puig, M. A., Rodes, R. B., Farran, L. B., Durán, S., Martí, M. G., Martínez-Gomariz, E., & Valverde, A. C. (2024). Enhancing efficiency and quality control: The impact of Digital Twins in drinking water networks. *Water Environment Research*, 96(10), e11139. <https://doi.org/10.1002/wer.11139>
- Bonilla, C. A., Zanfei, A., Brentan, B., Montalvo, I., & Izquierdo, J. (2022). A Digital Twin of a Water Distribution System by Using Graph Convolutional Networks for Pump Speed-Based State Estimation. *Water*, 14(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/w14040514>
- Brears, R. C. (2024, August 7). Optimizing Water Infrastructure Management with Digital Twins. *Mark and Focus*. <https://medium.com/mark-and-focus/optimizing-water-infrastructure-management-with-digital-twins-4a17b1f7f148>
- Carriço, N., Ferreira, B., Barreira, R., Antunes, A., Grueau, C., Mendes, A., Covas, D., Monteiro, L., Santos, J., & Brito, I. S. (2020). Data integration for infrastructure asset management in small to medium-sized water utilities. *Water Science and Technology*. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.377>
- Conejos Fuertes, P., Martínez Alzamora, F., Hervás Carot, M., & Alonso Campos, J. C. (2020). Building and exploiting a Digital Twin for the management of drinking water distribution networks. *Urban Water Journal*, 17(8), 704–713. Scopus. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1771382>
- Donovan, M. (2025, January). *Utilities Face a Workforce Readiness Gap Amid AI/ML Adoption Challenges*. Itron. <https://na.itron.com/w/utilities-face-a-workforce-readiness-gap-amid-ai/ml-adoption-challenges>
- Eldamaty, W., Abdallah, M., & Al Zaabi, K. (2025). Reliable Short Term Water Demand Forecast Using Machine Learning—Part 1. In A. Sefelnasr, M. Sherif, & V. P. Singh (Eds.), *Water Resources Management and Sustainability: Solutions for Arid Regions* (pp. 511–523). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-80520-2_30
- Ferreira, B., Carriço, N., Barreira, R., Dias, T., & Covas, D. (2022). Flowrate Time Series Processing in Engineering Tools for Water Distribution Networks. *Water Resources Research*, 58(6), e2022WR032393. <https://doi.org/10.1029/2022WR032393>
- Kurani, R. (2024, May 3). *The Future of Digital Water: AI, IoT, Cybersecurity Trends & Challenges*. Liquid Assets. <https://www.liquidassets.cc/the-future-of-digital-water-ai-iot-cybersecurity-trends-challenges/>
- Mashhadi, N., Shahrour, I., Attoue, N., El Khattabi, J., & Aljer, A. (2021). Use of Machine Learning for Leak Detection and Localization in Water Distribution Systems. *Smart Cities*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/smartcities4040069>
- Maußner, C., Oberascher, M., Autengruber, A., Kahl, A., & Sitzenfrie, R. (2025). Explainable artificial intelligence for reliable water demand forecasting to increase trust in predictions. *Water Research*, 268, 122779. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122779>
- Wang, K., Ye, Z., Wang, Z., Liu, B., & Feng, T. (2023). MACLA-LSTM: A Novel Approach for Forecasting Water Demand. *Sustainability*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/su15043628>
- Zanfei, A., Brentan, B. M., Menapace, A., Righetti, M., & Herrera, M. (2022). Graph Convolutional Recurrent Neural Networks for Water Demand Forecasting. *Water Resources Research*, 58(7), e2022WR032299. <https://doi.org/10.1029/2022WR032299>

CAPÍTULO 2

ÁGUA, AGRICULTURA E FLORESTAS



RECURSOS HÍDRICOS PARA A AGRICULTURA EM PORTUGAL: DESAFIOS E PERSPETIVAS

Anabela A. Fernandes-Silva¹, Tomás de Figueiredo², Teresa David³, Carla Antunes⁴,
Cláudia Brandão⁵, Carmo Horta⁶, Carina Arranja⁷, Alexandra Brito⁸ e José Manuel Gonçalves⁹

¹ Departamento de Agronomia, Centro de Investigação e tecnologias Agroambientais e Ciências Biológicas, CITAB, Inov4Agro, Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD

² Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança ³

⁴ Universidade do Algarve

⁵ Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

⁶ CERNAS-IPCB Centro de Investigação, Instituto Politécnico de Castelo Branco

⁷ FENAREG-Federação Nacional de Regantes de Portugal

⁸ CAP-Confederação dos Agricultores de Portugal

⁹ Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Coimbra

Introdução

A água é um recurso essencial para uma agricultura produtiva e sustentável. É responsável pela hidratação do solo, influenciando as suas características físicas, químicas e biológicas, pelo transporte de nutrientes, pela hidratação das plantas, necessária à transpiração, fotossíntese e manutenção da estrutura celular, e pela hidratação dos animais. Sem água não há produção de biomassa vegetal e de produtos de origem animal e, portanto, de produção agrícola, com inerentes consequências para a segurança alimentar e para o desenvolvimento económico e social. A água é também vital para a saúde e conservação dos ecossistemas e da sua biodiversidade.

O clima de tipo mediterrânico de Portugal Continental é caracterizado por um período quente e seco de verão com escassez hídrica, sobretudo nas regiões a sul e no interior. A escassez na disponibilidade natural da água cria diferentes constrangimentos à produção agrícola. Em muitas áreas o regadio poderá ser a única forma de viabilizar a produção, durante esses períodos em que a disponibilidade natural não é suficiente.

A agricultura é o maior utilizador de água em Portugal, mas este recurso é igualmente indispensável para o abastecimento das populações e para a atividade industrial. Em situações de escassez, torna-se necessário estabelecer prioridades e definir limites de utilização entre os diferentes setores.

Num contexto de alterações climáticas, a gestão sustentável dos recursos hídricos assume um papel crucial, colocando a agricultura perante enormes desafios. A escassez em determinadas regiões, agravada pela pressão do turismo e pelas mudanças no clima, exige a adoção de medidas de adaptação e mitigação que promovam o uso eficiente e sustentável da água.

O aumento da temperatura, uma eventual tendência de diminuição da precipitação, a alteração dos padrões sazonais e a maior frequência e intensidade de eventos extremos, como secas prolongadas e cheias repentinas, têm agravado os défices

hídricos nas culturas, conduzido ao aumento das necessidades de rega e, em situações mais severas, a limitações na rega. Estas restrições refletem-se em quebras de produtividade e perdas de qualidade, comprometendo a sustentabilidade do setor agrícola.

No caso de culturas perenes e lenhosas os défices hídricos podem refletir-se em reduções de crescimento, maior suscetibilidade a pragas e doenças, perdas de produtividade e biodiversidade com consequentes reduções na quantidade e qualidade dos produtos. Por outro lado, a ocorrência de precipitações intensas e cheias poderão originar impactos negativos nas culturas, como asfixia radicular, lixiviação de nutrientes e perdas de solo por erosão hídrica. É importante investir na investigação, inovação e desenvolvimento tecnológico e na capacitação de modo a conseguir manter ou melhorar as produções reduzindo os impactos ambientais e económicos. É necessário promover o recurso a sistemas de monitorização consistentes, o armazenamento hídrico para irrigação, estratégias de conservação da água, agricultura de precisão para aumentar a eficiência de uso da água, melhoramento genético para a obtenção de variedades mais resistentes à seca, agricultura regenerativa minimizando perturbações no solo e no uso de fertilização química, maior utilização de águas residuais. No entanto, estas medidas nem sempre têm sido suficientes para contrabalançar os crescentes períodos de seca e escassez hídrica.

Este capítulo aborda as necessidades hídricas da agricultura portuguesa, explorando a importância do regadio e do abastecimento de água para os animais. Serão analisadas as principais fontes de água disponíveis, as práticas de eficiência hídrica e os desafios associados à gestão sustentável deste recurso. Diante da crescente pressão sobre os recursos hídricos, torna-se essencial encontrar soluções inovadoras que garantam a viabilidade do setor agrícola, equilibrando a produção com a preservação ambiental.

2. Necessidades de água para agricultura

A disponibilidade de água para a agricultura é um desafio constante, especialmente num país com um clima mediterrânico, onde a irregularidade das precipitações e os períodos de seca prolongada influenciam diretamente a produção agropecuária. A compreensão das necessidades hídricas das culturas agrícolas é fundamental para o dimensionamento e gestão de infraestrutura para a rega, assim como para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis e eficientes. O suprimento de água para os animais de produção é um fator essencial para garantir o bem-estar, crescimento e produtividade dos efetivos pecuários. Dessa forma, a adoção de estratégias de uso eficiente da água torna-se essencial para garantir a sustentabilidade da produção agropecuária, minimizando os impactos das mudanças climáticas e assegurando a produtividade a longo prazo.

2.1 Evolução histórica dos consumos de água na agricultura

O regadio, para continuar a progredir em termos de aumento da segurança hídrica e de eficiência hídrica, mantendo o seu contributo para a sustentabilidade ambiental e segurança alimentar, deverá continuar a fazer progressos na gestão da água, utilizando-a de forma responsável. É um grande desafio uma vez que entre 2002 e 2016 houve já uma redução de 48% dos volumes de água anuais utilizados pela agricultura [1], decréscimo que continua a ocorrer, atendendo aos valores de consumos de 2023, avaliados em 2024 na Estratégia da “Água que Une” (Figura 1).

A região hidrográfica RH5 (Tejo e Ribeiros do Oeste) destaca-se como a que apresenta o maior consumo, mantendo-se praticamente estável entre os dois períodos, representando atualmente cerca de 38% do total da água destinada ao regadio

no país. Por outro lado, as regiões do norte e centro (RH1 a RH4) registam reduções acentuadas no consumo. A RH1 (Minho e Lima) apresenta uma queda quase total, enquanto RH3 (Douro) e RH4 (Vouga, Mondego e Lis) viram os seus consumos reduzidos praticamente pela metade. Estas mudanças podem refletir uma menor utilização agrícola nestas zonas ou uma maior eficiência no uso da água. Em contraste, observam-se aumentos expressivos no uso de água para a agricultura nas regiões do sul e litoral sudoeste. A RH6 (Sado e Mira) aumentou o seu consumo de forma significativa, atingindo 457 hm³, e a RH7 (Guadiana) praticamente dobrou, chegando aos 475 hm³, facto a que não será alheio o aumento das áreas infraestruturadas para regadio, no âmbito do EFMA. A RH8 (Ribeiras do Algarve) também registou um ligeiro aumento.

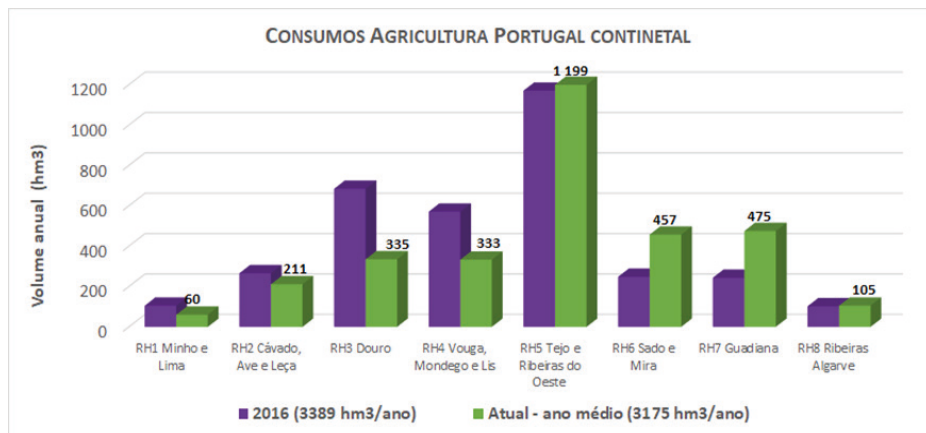


Figura 1 - Volume de água utilizados na agricultura em Portugal continental por região hidrográfica (RH), entre o ano de 2016 e a média em 2023 [2].

Apesar da ligeira redução no consumo total de água para a agricultura em Portugal Continental, cerca de 6,3% entre 2016 e o ano médio atual, verifica-se, em paralelo, um ligeiro aumento da área de superfície regável e mesmo da superfície efetivamente regada. Segundo dados do INE, em 2023 foram irrigados 585 500 ha, o que representa 91,9% da superfície irrigável total (637 300 ha com infraestruturas instaladas).

O regadio coletivo público continua a desempenhar um papel fundamental, abrangendo 357 000 ha, distribuídos por 36 Aproveitamentos Hidroagrícolas, sobretudo localizados nas regiões do centro e sul do país. Ainda assim, o regadio individual mantém um peso expressivo, representando cerca de 49% da área total.

A região do Alentejo representa 45% da área regada total e uma das mais baixas dotações de rega e o Ribatejo a segunda maior área regada e a dotação de rega mais elevada (função do tipo de culturas e das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas), daí a importância destas regiões no que respeita à agricultura (Figura 2).

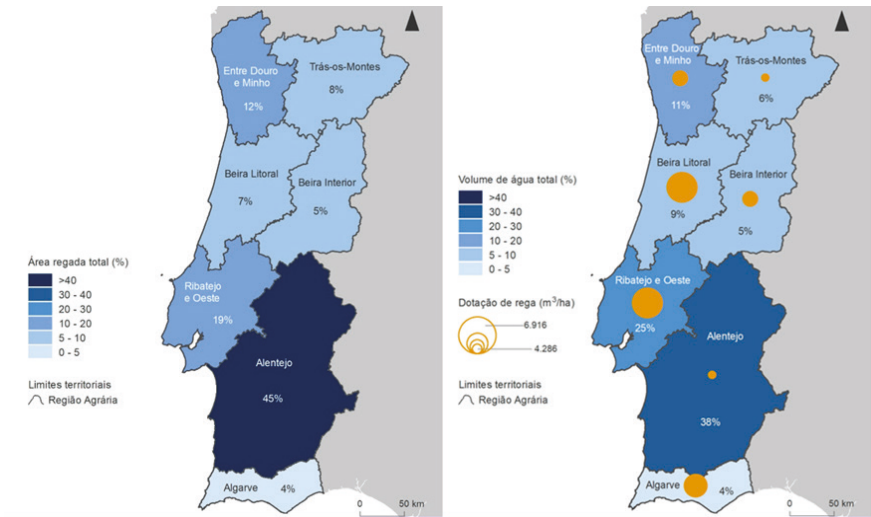


Figura 2 - Representatividade do volume e da dotação de rega por região em 2023 (INE, 2024).

Este crescimento da área regada confirma a tendência de expansão do regadio em Portugal, tendo cada vez mais expressão as culturas permanentes (Figura 3). Em 2023, estas culturas ocuparam 51,5% da área total regada, com destaque para o olival, amendoal, frutos subtropicais, pequenos frutos, frutos de casca rija e pomares de medronho destinados ao consumo em fresco.

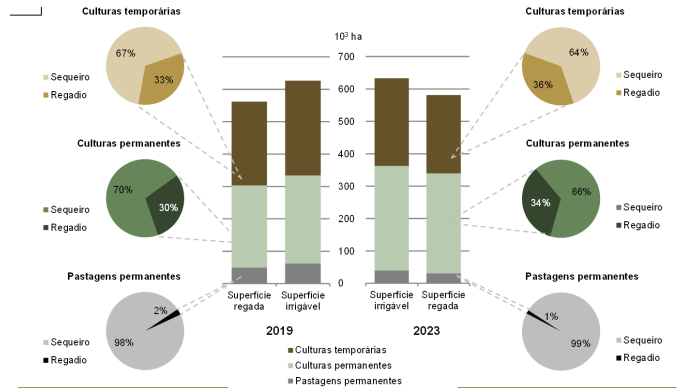


Figura 3 – Regadio por tipo de ocupação cultural no Continente em 2019 e 2023 (INE, 2024).

Paralelamente, os sistemas de rega têm evoluído significativamente nos últimos anos. Atualmente, a rega localizada (gota a gota) predomina, cobrindo 54% da área regada, seguida pela aspersão (28%) e pela rega por gravidade (18%) [3]. Esta modernização tecnológica tem sido crucial para aumentar a eficiência no uso da água (Figura 4).

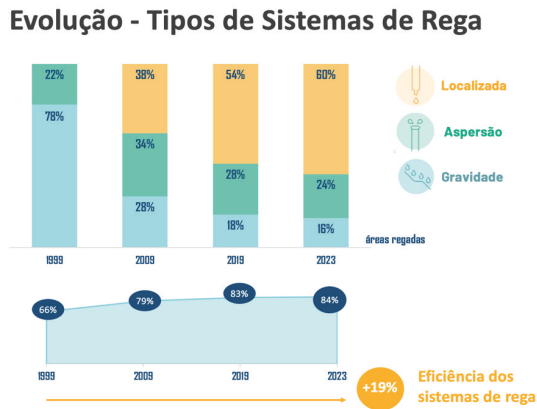


Figura 4 – Evolução dos sistemas de rega no Continente segundo dados do INE [3].

Cerca de 30% da área regada em Portugal utiliza tecnologia de apoio à gestão da rega (INE, 2024) como sondas de medição de humidade e dados meteorológicos, uma tendência crescente que se observa na procura por um regadio mais eficiente e na melhor gestão da água de rega. O uso de tecnologias de monitorização mais avançadas na gestão da água e o uso de gémeos digitais são hoje uma realidade no regadio em Portugal (Figura 5), otimizando o funcionamento dos sistemas de rega em diferentes cenários, nomeadamente de alterações climáticas e na conjugação com práticas de gestão da conservação do solo.

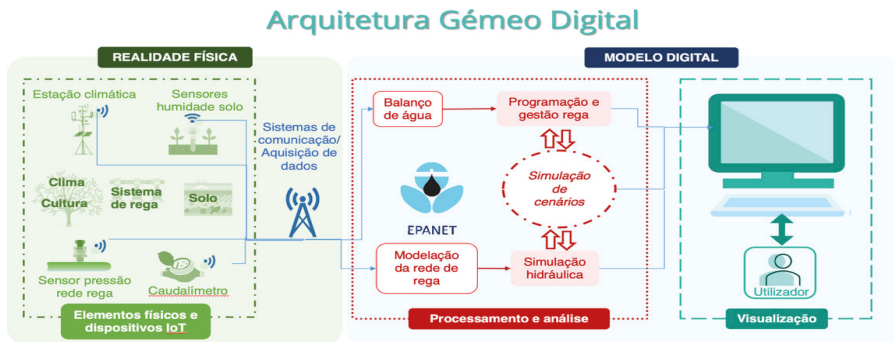


Figura 5 – Arquitetura de gémeo digital na gestão da rega [4].

A incorporação crescente de soluções tecnológicas digitais na gestão da rega (Figura 6) contribui para a resiliência hídrica da agricultura, com benefício direto na produtividade agrícola e no uso mais eficiente da água, promovendo a sustentabilidade deste recurso e a competitividade do regadio.

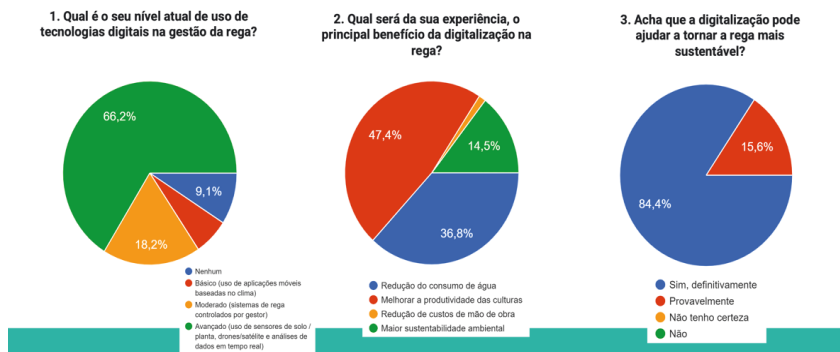


Figura 6 –Uso de tecnologia digital na gestão da rega [4].

Este decréscimo expressivo resulta da adoção de tecnologias sustentáveis, da implementação de sistemas de rega inteligentes e da crescente atualização e profissionalização da gestão dos sistemas de rega, a par de uma redução de áreas de regadio, em geral, menos eficiente.

Assim, mesmo com uma redução global no consumo de água, observa-se uma intensificação e modernização do uso do regadio, associada a novas dinâmicas produtivas que refletem tanto a adaptação às alterações climáticas como a evolução das práticas agrícolas e das exigências do mercado.

Em suma, observa-se uma redistribuição do consumo agrícola de água em Portugal Continental, com uma tendência de diminuição no norte e centro e aumento nas regiões do sul. Esta alteração poderá estar associada a mudanças no tipo de culturas agrícolas, expansão de áreas irrigadas ou alterações climáticas regionais.

2.2 Necessidades hídricas das principais culturas agrícolas

As necessidades das culturas referem-se à quantidade de água que é necessário fornecer à cultura para que as perdas de água para a atmosfera sob a forma de vapor resultantes dos processos de evaporação do solo e da transpiração da planta sejam compensadas, de forma a que a cultura cresça e se desenvolva adequadamente, potenciando a sua produtividade.

A evolução das necessidades hídricas das culturas agrícolas em Portugal tem sido moldada por diversos fatores, incluindo as mudanças climáticas, os avanços tecnológicos e a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. A gestão eficiente da água na agricultura em Portugal exige uma compreensão clara das necessidades hídricas específicas de cada cultura e do seu peso no consumo total nacional. A análise comparativa entre a dotação média por hectare e o volume total de água de rega revela dinâmicas distintas entre culturas intensivas e extensivas (Figura 7).

O arroz destaca-se como a cultura de maior exigência hídrica, com dotações próximas de 13 600 m³/ha, valor associado ao seu cultivo em condições de alagamento. Em termos de área regada e volume total, o milho para grão assume particular relevância, apresentando uma dotação média de cerca de 6.800 m³/ha e o maior volume de água aplicado, na ordem dos 500 × 10⁶ m³, representando 16,2% do volume total.

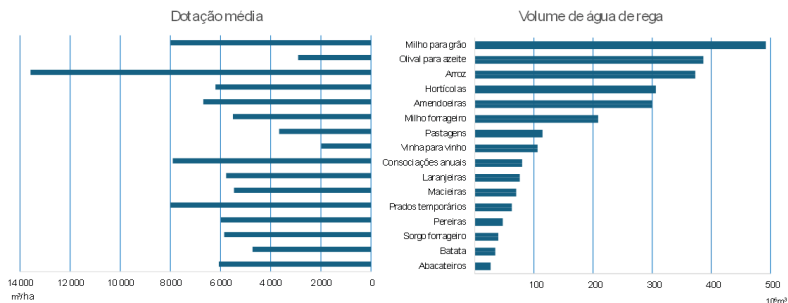


Figura 7 - Dotação média por hectare e volume de água de rega por ciclo cultural em diferentes culturas em Portugal (INE, 2024).

O olival para azeite apresenta dotações bastante mais moderadas, em torno dos 2 900 m³/ha, mas o volume global de água utilizada é elevado ($\approx 400 \times 10^6$ m³), reflexo da grande expansão das áreas olivícolas de regadio em modo sistema superintensivo, principalmente na região do Alentejo, representando 12,7% do volume total.

As hortícolas ($\approx 6\,200$ m³/ha) e o amendoal ($\approx 6\,700$ m³/ha) evidenciam também elevadas necessidades por hectare, traduzindo a sua elevada sensibilidade a défices hídricos e a importância de estratégias de rega frequente e eficiente.

Por contraste, culturas como a vinha para vinho ($\approx 2\,000$ m³/ha) e as pastagens ($\approx 3\,700$ m³/ha) apresentam dotações mais baixas, correspondendo a menores volumes de água aplicados. Estas culturas estão, em geral, mais adaptadas a condições mediterrânicas e a regimes deficitários.

As fruteiras de regadio, como laranjeiras ($\approx 5\,800$ m³/ha), macieiras ($\approx 5\,500$ m³/ha) e pereiras ($\approx 6\,000$ m³/ha), situam-se numa faixa intermédia de consumo hídrico, o que implica a necessidade de gestão cuidadosa para assegurar qualidade e regularidade da produção.

Culturas forrageiras como o milho forrageiro ($\approx 5\,500$ m³/ha) e o sorgo forrageiro ($\approx 5\,900$ m³/ha) apresentam exigências relevantes, mas menores do que o milho para grão, enquanto a batata ($\approx 4\,700$ m³/ha) e os abacateiros ($\approx 6\,100$ m³/ha) registam dotações mais moderadas, refletindo consumos relativamente reduzidos à escala nacional.

Assim, a definição de políticas de regadio e a adoção de ferramentas de apoio à decisão devem considerar não só os valores absolutos de dotação e volume total, mas também a eficiência de uso da água e o valor económico gerado por unidade de volume aplicado, de modo a conciliar produtividade agrícola com sustentabilidade dos recursos hídricos.

2.3 Necessidades hídricas para o suprimento animal

As necessidades hídricas para o suprimento animal variam consoante a espécie, peso, fase de desenvolvimento e condições climáticas. Por norma, os animais devem possuir sempre água disponível e/ou próxima da zona de alimentação. Esta situação é tanto mais importante quanto maior o nível de intensificação e o tipo de exploração do animal em causa (produção de leite tem mais exigências que a produção de carne) (DGAV, 2014).

A falta de água pode levar a reduções significativas na produção de leite, carne e ovos, além de comprometer a saúde dos animais. Em situações de escassez hídrica, os animais tendem a reduzir a ingestão de alimento, comprometendo o seu crescimento e reprodução. A qualidade da água também é um fator determinante, pois águas contaminadas podem resultar em surtos de doenças e menor desempenho produtivo.

2.3.1 Necessidades hídricas dos animais em pastoreio/ruminantes

Para efeitos de referência, apresentam-se alguns valores que permitem estimar o consumo de água das diferentes espécies animais, considerando sobretudo o tipo de animal e a temperatura ambiente. É importante salientar que estas necessidades podem variar bastante, já que dependem não só da alimentação base e do teor de água nos alimentos, mas também das condições ambientais, como a temperatura e o vento. Por isso, os valores apresentados devem ser vistos apenas como indicativos, servindo de apoio na estimativa das quantidades de água necessárias para o fornecimento ou para o armazenamento em determinados períodos. Deve ter-se em conta que aumentos repentinos da temperatura ambiente podem levar a um acréscimo significativo do consumo de água pelos animais, muitas vezes ultrapassando largamente os valores de referência. Do mesmo modo, essas necessidades podem diferir consoante o tipo de animal, a raça, o nível de melhoramento genético ou o peso médio corporal, a fase de desenvolvimento do animal entre outros fatores (DGAV, 2014).

Para a produção de ruminantes em pastoreio são apresentados valores de referência nas Tabelas 1-3.

Tabela 1 - Estimativa das necessidades em água por bovinos de carne em função da temperatura média ambiente (adaptado de DGAV, 2014)

Temp. média diária (°C)	Necessidades em água de bovinos de carne (L/d)				
	Vacas afilhadas	Vacas seca, Novilha	Touro	Recría (180-360 kg)	Acabamento (270-540 kg)
5	44	23	30	15-25	23-38
10	47	25	33	17-26	25-40
20	62	32	44	21-34	32-53
25	66	38	49	25-38	36-61
>30	62 (a)	55	72	36-57	66-87

a) Este valor é determinado pela esperada redução de consumo de matéria seca

Tabela 2. Estimativa das necessidades em água por bovinos de leite, tendo como referência uma temperatura ambiente entre 20-26 °C (adaptado de DGAV, 2014).

Classe de animal	Necessidades em água de bovinos de leite (L/d)	
	Idade ou condição	
Vitelo de leite	1 mês	5-7,5
	2 meses	5-9
	3 meses	8-10
	4 meses	11-13
	5 meses	14-17
Novilha Frísia	15 a 18 meses	22-27
	18 a 24 meses	27-36
Vaca gestante	últimos 3 meses	35-50
Vaca em produção leite	14 kg leite/dia	55-64
	22 kg leite/dia	90-100

Tabela 3. Estimativa das necessidades médias em água por ovinos e caprinos (adaptado de DGAV, 2014)

Tipologia de animal	Necessidades em água (L/d)
Carneiros/Bodes	2-3
Ovelha/Cabra em manutenção	2-2,5
Ovelha/Cabra em final de gestão	3-4,5
Ovelha/Cabra-lactação ou com cria	4-4,5
Borregos/Cabritos 5-15 kg	0,4-1,2
Borregos/Cabritos em recría ou engorda	2

Na suinicultura, a água é essencial não só para beber, mas também para a limpeza e o bem-estar dos animais. Em Portugal, as orientações técnicas e manuais do setor (DGAV e publicações técnicas) dão valores indicativos por categoria que ajudam a dimensionar pontos de água, reservatórios e redes de abastecimento. Esses valores são referências e podem variar com a temperatura, tipo de alimentação, genética e sistema de alojamento.

Os principais valores por categoria, são:

- Porcos em recría / engorda (ex.: 25–40 kg): ~4 L/dia por animal para uma relação água/ração ≈ 2,5
- Porcos em terminação / acabamento: os consumos típicos situam-se na ordem de 4 a 10 L/dia por animal, dependendo do peso e da temperatura ambiente, em climas quentes o valor tende para o extremo superior da faixa;
- Porcas reprodutoras: 60–73 L/dia por porca em ciclo fechado (inclui necessidades de beber e atividade fisiológica);
- Porcas em lactação: 14–40 L/dia, dependendo da intensidade de produção de leite e da temperatura (a literatura internacional refere consumos de 30–40 L/dia para porcas lactantes em regimes intensivos).

Para as aves de produção, o consumo real pode variar bastante com a temperatura, o tipo de ração, a genética das aves ou até o sistema de bebedouros. Em explorações intensivas, os valores de referência, segundo a DGAV (2014), são:

- Galinhas poedeiras: 83 e 120 litros de água por ano/ave, o que corresponde a uma relação próxima de 2 litros de água por cada quilo de ração.
- Frangos de engorda: cerca de 4,5 a 11 litros por ciclo, ou seja, cerca de 0,25 litros de água por frango e por dia.
- Perus: 130 a 150 litros/ave/ ano, com uma relação água/ração entre 1,8 e 2,2.

3. Recursos Hídricos Superficiais

De forma muito resumida apresenta-se, seguidamente, uma compilação de informação atualizada acerca dos principais rios que se desenvolvem em Portugal Continental e barragens existentes, que consta dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) relativos ao 3º ciclo de planeamento (período 2022-2027), disponíveis na página da Agência Portuguesa do Ambiente [5].

As bacias hidrográficas dos **rios Minho e Lima** estão integradas na Região Hidrográfica do Minho e Lima (RH1), região hidrográfica internacional com uma área total em território português de 2 464 km².

O **rio Minho** nasce em Espanha, na serra de Meira, a uma altitude de 700 m e desagua em Portugal no Oceano Atlântico, após um percurso de 300 km, dos quais 230 km se situam em Espanha, servindo os restantes 70 km de fronteira entre os dois países. A bacia cobre uma área total de 17 072 km², dos quais apenas 814 km² (5%) se localizam em território português. Os principais afluentes do rio Minho em território português são, de montante para jusante, os rios: Trancoso, Mouro, Gadanha e Coura.

O **rio Lima** nasce em Espanha, na Serra de S. Mamede, a cerca de 950 metros de altitude. Tem cerca de 108 km de extensão, dos quais 67 km em território português e desagua em Viana do Castelo, no Oceano Atlântico. A bacia hidrográfica do rio Lima ocupa uma área de cerca de 2 524 km², dos quais 1 199 km² (48%) se localizam-se em território português. Os principais afluentes são os rios Vez e Castro Laboreiro.

Na RH1 existem oito barragens - Alto Lindoso, France (Covas), Frieira (Espanha), Labruja/Rendufe, Pagade, Paus, Touvedo, Senhora da Peneda - utilizadas para a produção de energia, sendo a de Touvedo também utilizada como origem de água para o abastecimento público.

As bacias hidrográficas dos **rios Cávado, Ave e Leça** estão integradas na Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2), região hidrográfica com uma área total de 3585 km².

O **rio Cávado** nasce na Serra do Larouco a uma altitude de cerca de 1 520 metros, percorrendo aproximadamente 129 km na direção geral Este — Oeste até à foz, em Esposende. A área abrangida pela bacia hidrográfica do rio Cávado é de 1 699 km². Os afluentes mais importantes são o rio Homem, na margem direita, com um comprimento de 45 km, drena uma área de 256 km²; e o rio Rabagão, na margem esquerda, com um comprimento de 37 km, drena uma área de 248 km².

O **rio Ave** nasce na Serra da Cabreira, a cerca de 1 200 m de altitude, percorrendo aproximadamente 85 km até desaguar no Oceano Atlântico, a Sul de Vila do Conde. Ocupa uma bacia com uma área de 1 391 km². Os seus principais afluentes

são, na sua margem esquerda, o rio Vizela, que drena uma área de 340 km² e, na margem direita, o rio Este, que drena uma área de 247 km².

O **rio Leça** nasce no Monte de Santa Luzia, a cerca de 420 metros de altitude, percorrendo 48 km até à sua foz no Oceano Atlântico. A área abrangida pela bacia hidrográfica do rio Leça é de 1 699 km². Os principais tributários do rio Leça são a ribeira do Arquinho e a ribeira de Leandro, ambos afluentes da margem direita.

Nesta RH2 existem 48 barragens utilizadas para a produção de energia e abastecimento público de água, sendo 14 grandes barragens - Andorinhas (Senhora do Porto), Alto Cávado, Alto Rabagão, Boavista, Caneiro, Caniçada, Guilhofrei, Paradela, Penide, Queimadela, Salamonde, Toco, Venda Nova, Vilarinho das Furnas.

A bacia hidrográfica do **rio Douro** está inserida na Região Hidrográfica do Douro (RH3), região hidrográfica internacional com uma área total em território português de 19 218 km².

O **rio Douro** nasce na serra de Urbion (Cordilheira Ibérica), a cerca de 1 700 m de altitude. Ao longo do seu curso de 927 km (o terceiro maior entre os rios da Península Ibérica, depois do Tejo e do Ebro) até à foz no Oceano Atlântico, junto à cidade do Porto, atravessa o território espanhol numa extensão de 597 km e serve de fronteira ao longo de 122 km, sendo os últimos 208 km percorridos em Portugal. A bacia hidrográfica do rio Douro tem uma área total de 97 477 km², dos quais 18 588 km² em Portugal (19%), ocupando o primeiro lugar em área entre as bacias dos maiores rios peninsulares (superior à do Ebro e à do Tejo). A parte portuguesa ocupa também o primeiro lugar em dimensão entre as bacias dos rios nacionais ou internacionais que atravessam o território nacional

Entre os afluentes da margem direita é de salientar os rios Sabor (3 868 km²), Tua (3 814 km²) e Tâmega (3 309 km²), em que as cabeceiras das bacias destes rios se situam em território espanhol, abrangendo áreas de, respetivamente, 556 km², 691 km² e 660 km². Na margem esquerda são de realçar, também de montante para jusante, os rios Águeda, Côa (2 521 km²) e Paiva (795 km²).

Na RH3 existem 126 barragens utilizadas para a produção de energia e abastecimento público de água, sendo 55 grandes barragens. Algumas das barragens também são para rega, por exemplo: Alfândega da Fé / Estevinha, Arcossó, Azibo, Miranda do Douro.

As bacias hidrográficas dos **rios Vouga, Mondego e Lis** estão inseridas na Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis (RH4A), com uma área total de 12 144 km².

O **rio Vouga** nasce na serra da Lapa, a cerca de 930 m de altitude e percorre 148 km até desaguar na Barra de Aveiro. A bacia hidrográfica com uma área de 3 685 km², situa-se na zona de transição entre o Norte e o Sul de Portugal. Os principais afluentes são os rios Cértima, Alfusqueiro, Cáster e Antuã, na parte Norte, e o Boco e a ribeira da Corujeira, a Sul, todos desaguardo na Ria de Aveiro

O **rio Mondego** é o maior rio português com a sua bacia hidrográfica integralmente em território nacional. Nasce na Serra da Estrela, a 1 525 m de altitude, numa pequena fonte designada por "O Mondeguinho", percorre 258 km até desaguar no Oceano Atlântico junto à Figueira da Foz. A área da bacia hidrográfica deste rio é de 6 645 km² e os seus principais afluentes são os rios Dão, Alva, Ceira e Arunca.

O **rio Lis** nasce na povoação de Fontes, no concelho de Leiria e desagua no Oceano Atlântico, a norte de Praia da Vieira. A bacia hidrográfica do rio Lis é uma bacia costeira com uma área de 945 km². Tem cerca de 40 km e os seus principais afluentes são o rio de Fora e a ribeira da Caranguejeira, na margem direita, e o rio Lena e a ribeira do Rio Seco, na margem esquerda.

Na RH4A existem 63 barragens e açudes utilizados para a produção de energia, dos quais 12 são grandes barragens. Alguns destas barragens têm mais que um uso. Por exemplo, a barragem da Agueira é de fins múltiplos (abastecimento, energia e rega).

As bacias hidrográficas do **rio Tejo** e das **ribeiras do Oeste** estão inseridas na Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5A), região hidrográfica internacional com uma área total em território português de 30 502 km².

O **rio Tejo** nasce na Serra de Albarracín (Espanha) a cerca de 1 600 m de altitude e apresenta um comprimento de 1 100 km, dos quais 230 km em Portugal e 43 km de troço internacional, definido desde a foz do rio Erges até à foz do rio Sever. A bacia do Tejo cobre uma área total de 80 795 km², dos quais 25 016 km² (31%) se situam em Portugal. Os principais afluentes do rio Tejo em Portugal são, de montante para jusante, os rios Erges, Pônsul, Ocreza e Zêzere, na margem direita, e os rios Sever e Sorraia, na margem esquerda. Destes afluentes merecem referência especial, pela dimensão das bacias hidrográficas, o rio Zêzere (4 980 km²) e o rio Sorraia (7 520 km²), que totalizam cerca de 50 % da área da bacia portuguesa.

A bacia hidrográfica das **ribeiras do Oeste** engloba todas as pequenas bacias da fachada atlântica entre, aproximadamente, a Nazaré, a norte, e a foz do rio Tejo, a sul. Constitui uma estreita faixa, com cerca de 120 km de extensão. A área total da bacia hidrográfica das ribeiras do Oeste é de 2 175 km². Os principais afluentes, de Norte para Sul, são os rios Alcoa, Tornada, Arnóia, Real, ribeira de S. Domingos, rios Grande, Alcabrichel, Sizandro, ribeiras do Sobral, do Cuco, rio Lisandro, ribeiras de Colares e das Vinhas.

NA RH5A existem 51 barragens utilizadas para a produção de energia, sendo 17 grandes barragens. Algumas das barragens também são para rega, por exemplo: Furadouro, Gameiro, Marechal Carmona (Idanha-a-Nova).

As bacias hidrográficas dos **rios Sado e Mira** integram-se na Região Hidrográfica do Sado e Mira (RH6), com uma área total de 12 149 km².

O **rio Sado** nasce na serra da Vigia, a 230 m de altitude, desenvolve-se ao longo de 180 km até à foz, no oceano Atlântico, junto a Setúbal. A bacia hidrográfica abrange uma área de 7692 km², sendo a bacia de maior área inteiramente portuguesa. Os principais afluentes, na margem direita e no sentido jusante-montante, são as ribeiras da Marateca, S. Martinho, Alcôcovas, Xarrama, Odivelas e Roxo. Na margem esquerda e segundo a mesma orientação, destacam-se as ribeiras de Grândola, Corona e Campilhas.

O **rio Mira** nasce na serra do Caldeirão, a cerca de 470 m de altitude, e desenvolve-se, predominantemente na direção sudeste noroeste, ao longo de cerca de 130 km até à foz, no oceano Atlântico, junto a Vila Nova de Milfontes. A bacia hidrográfica abrange uma área de 1581 km². Entre os principais afluentes do Mira destacam-se a ribeira do Torgal, os rios Luzianes, Perna Seca, na margem direita e ainda, Macheira, Guilherme e Telhares na margem esquerda.

Na RH6 existem 7 grandes barragens (Pego do Altar, Vale do Gaio, Odivelas, Morgavel, Roxo, Pisão, Alvito) todas utilizadas para a produção de energia e rega, com exceção da barragem de Morgavel que é para abastecimento, energia e uso industrial.

A bacia hidrográfica do **rio Guadiana** integra-se na Região Hidrográfica do Guadiana (RH7), região hidrográfica internacional com uma área total em território português de 11 611 km².

O **rio Guadiana** nasce nas lagoas de Ruidera em Espanha, a 868 m de altitude, desenvolvendo-se ao longo de mais de 800 km até à foz, no oceano Atlântico, junto a Vila Real de Santo António. Em Portugal, o rio tem um desenvolvimento total de 260 km, dos quais 110 km delimitam a fronteira. A bacia do Guadiana, entre as cinco maiores bacias da Península Ibérica, cobre uma área total de 67 026 km², dos quais 11 534 km² (17%) são em Portugal.

Na RH7 existem 49 grandes barragens das quais 4 são utilizadas para a produção de energia e grande parte para rega. Nessa bacia com relevância nacional destaca-se a barragem de Alqueva, de fins múltiplos.

As **ribeiras do Algarve** integram-se na Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8), com uma área total de 5 511 km².

Os principais cursos de água desta região nascem nas serras de Monchique e Espinhaço de Cão, a Ocidente, e na do Caldeirão no setor Nordeste, destacando-se os rios Arade e Gião e as ribeiras de Odelouca, Seixe, Algibre e Alportel. A maioria dos cursos de água possui um regime torrencial com caudais nulos ou muito reduzidos durante uma parte do ano, correspondente ao período de estiagem. As bacias hidrográficas correspondentes são, em geral, de área reduzida.

Nesta RH8 existem 5 barragens utilizadas principalmente para o abastecimento público e para a rega, todas classificadas como grandes barragens.

As barragens existentes em Portugal têm diferentes utilizações, tais como o abastecimento público, a rega e a produção de energia. Atualmente, muitas das albufeiras de grandes barragens são de fins múltiplos.

A irregularidade na distribuição das disponibilidades hídricas ao longo do ano e também territorialmente, resultado das características climáticas e fisiográficas do país, conduz à necessidade de armazenamento de água, através da criação de charcas, barragens e açudes, e respetivas albufeiras, para se conseguir satisfazer as necessidades hídricas dos diferentes usos da água, além de alguns outros benefícios complementares, como o combate aos incêndios, a recarga de aquíferos, a criação de zonas húmidas de descontinuidade, o abeberamento da fauna selvagem e a possibilidade de actividades complementares, designadamente ligadas ao turismo e lazer

No norte de Portugal, porque os recursos hídricos eram mais abundantes, construíram-se aproveitamentos hidroelétricos para a produção de energia. Já no sul do país, predominaram as barragens para abastecimento público e rega, que entretanto adquiriram também a valência da produção de eletricidade.

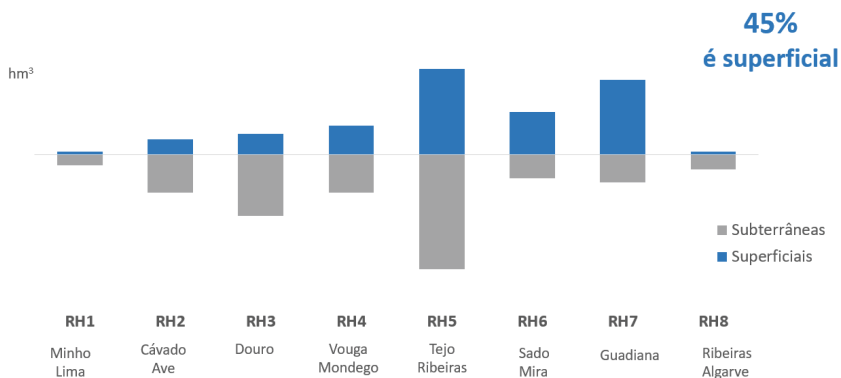
O armazenamento de água em albufeiras, além de permitir satisfazer os diferentes usos, tem importância pelo papel que também desempenha na atenuação de cheias, quer nos grandes rios que vêm de Espanha, quer nos rios portugueses, como é o caso do rio Mondego.

O impacto das modificações climáticas registadas ao longo do último século e mais intensas nas últimas décadas têm induzido alterações no regime dos rios e a diminuição da disponibilidade de água superficial, com repercussões na gestão dos recursos hídricos.

Neste enquadramento, a análise da origem da água utilizada para rega em Portugal (Figura 8) mostra que 45% da água captada tem origem superficial (albufeiras, rios, barragens), enquanto a maior fatia provém de aquíferos (águas subterrâneas).

A distribuição regional revela contrastes significativos. No Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5) e no Guadiana (RH7) predomina o recurso às águas superficiais, refletindo a relevância das grandes barragens instaladas nestas regiões (ex. Alqueva). Já no Norte (RH2, RH3 e RH4) e no Algarve (RH8) sobressai a utilização de águas subterrâneas, cuja caracterização é realizada com detalhe no capítulo 3.

Origem da água captada para rega



Fonte: PGRH 2022

Figura 8. Origem da água captada para rega em Portugal Continental, por região hidrográfica (RH) [FENAREG]

Esta distribuição ilustra a forte heterogeneidade territorial da origem da água de rega em Portugal e a importância de infraestruturas de armazenamento e captação adaptadas a cada contexto regional.

4. Água de Reutilização e rega agrícola

Em Portugal, a utilização de águas residuais tratadas, designadas como Águas para Reutilização (ApR) tem vindo a ganhar cada vez mais relevância como resposta aos desafios da escassez hídrica, sobretudo em regiões vulneráveis como o Alentejo e o Algarve. O Decreto-Lei n.º 119/2019 estabeleceu o regime jurídico para a produção e utilização de ApR, definindo parâmetros de qualidade e segurança para o seu uso agrícola. Este enquadramento legal tem permitido avanços práticos em projetos piloto e sistemas de reutilização.

Um exemplo notável é o Projeto REUSE, desenvolvido por um consórcio constituído pela AdP Serviços, AgdA, COTR, EDIA, EFACEC e ISA, com o apoio do Fundo Ambiental. O projeto teve como foco a produção e aplicação de ApR no regadio do Alentejo, região marcada por baixa precipitação e recente intensificação agrícola. Entre os seus eixos de ação, destacou-se a implementação de um sistema de desinfecção solar na ETAR de Beja, testando tecnologias de baixo custo que utilizam energia renovável. Os resultados do projeto garantiram a utilização segura de ApR em rega localizada (gota-a-gota) em culturas arbóreas como a romãzeira, em parcelas de estudo em Beja.

Outro exemplo de relevo é o Projeto I-ReWater, financiado pelo programa Interreg Sudoe e com uma forte componente portuguesa (UTAD, IPB e INIAV). Este projeto procurou desenvolver soluções inovadoras para a reutilização de águas residuais tratadas, promovendo a monitorização da qualidade da ApR e a avaliação do seu impacto na agricultura (vinha, olival e amendoal). Em Portugal, os trabalhos realizados permitiram testar o uso de ApR em diferentes culturas e contextos agrícolas, analisar os efeitos nos solos e nas plantas e avaliar a aceitação por parte dos agricultores. A componente portuguesa destacou-se pela integração de tecnologia de monitorização acessível, reforçando a importância da segurança, da sustentabilidade e da sensibilização pública no processo de adoção.

Para além destes projetos, existem outras aplicações concretas em Portugal:

- Algarve: várias ETARs (como a de Vilamoura e a de Albufeira) já fornecem ApR para rega de campos de golfe, reduzindo a pressão sobre os aquíferos costeiros.
- Lisboa: a EPAL desenvolve desde 2015 o projeto “AQUA+ ReUse”, que reutiliza água residual tratada para lavagem de ruas e rega de espaços verdes urbanos.
- Setúbal e Palmela: têm sido realizadas experiências com ApR para rega de vinhas, em cooperação com institutos de investigação e associações de viticultores.

Entre as vantagens da reutilização de ApR destacam-se:

- Redução da pressão sobre os aquíferos e albufeiras, libertando recursos hídricos convencionais para outros usos;
- Contribuição para a economia circular, ao recuperar nutrientes e reduzir a necessidade de fertilizantes minerais;
- Permite garantir o abastecimento em períodos de seca, aumentando a resiliência da agricultura.

No entanto apresenta alguns desafios, nomeadamente:

- Garantir a aceitação pública e a confiança dos agricultores e consumidores;
- Necessidade de investimento inicial em sistemas de tratamento e monitorização;
- Cumprimento rigoroso das normas de qualidade e segurança definidas pela legislação e pela APA;
- Desenvolvimento de microfilme em água parada no equipamento do sistema de rega, exigindo cuidados adicionais com a respetiva manutenção;
- O volume diminuto de ApR face às necessidades da agricultura, bem como a distância e diferenças de cota entre as ETARs e as áreas a regar.

5. Desafios na Gestão dos Recursos Hídricos

5.1 Estratégias de Gestão da Água: a importância da Agricultura

A Lei da Água (LA, Lei n.º 58/2005) transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva Quadro da Água (DQA, Diretiva n.º 2000/60/CE), e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, constituindo-se como o instrumento fundamental de Política da Água em Portugal. Nos termos dessa Lei, foi aprovado o Plano Nacional da Água (PNA, Decreto-Lei n.º 76/2016), que tem como objetivos, sinteticamente, (i) a proteção e a requalificação do estado dos ecossistemas aquáticos e terrestres; (ii) a promoção do uso sustentável, equilibrado e equitativo de água de boa qualidade; (iii) o aumento da resiliência relativamente aos efeitos de fenómenos meteorológicos extremos [1]. Os Planos de Gestão de

Região Hidrográfica (PGRH) são o instrumento privilegiado de implementação do PNA à escala de cada uma das Regiões Hidrográficas em que se divide o país descrita na secção 3.

Vários outros planos e documentos estratégicos diretamente relacionados com o ordenamento, o planeamento e a gestão dos recursos hídricos em Portugal constituem-se também, com maior ou menor evidência, como instrumentos orientadores das ações de política no domínio da água. É o caso do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação [6], do Programa Nacional para as Alterações Climáticas [7], do Programa Nacional de Regadios [8], do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água [9], estando em curso a elaboração de alguns Planos Regionais de Eficiência Hídrica [10].

O mais recente documento produzido neste âmbito, é o resultante da iniciativa “Água que une” – Estratégia nacional para a gestão da água [11]. Este documento atualiza informação oficial consolidada sobre recursos hídricos em Portugal e aborda os recursos hídricos numa perspetiva integrada a nível nacional, nas suas diferentes valências, nomeadamente a agricultura.

De todos esses documentos se espera uma melhoria da qualidade da informação que suporta decisões políticas e administrativas, da precisão nas orientações para as autoridades e atores no domínio da água e, ainda, da efetividade nas medidas conducentes à melhoria da gestão dos recursos hídricos. E, em toda a vasta lista de documentos oficiais produzidos nos últimos anos, o setor Agrícola tem presença destacada, reveladora das preocupações públicas, políticas e estratégicas associadas ao uso da água na agricultura, enquanto setor de enorme importância no elenco de utilizadores da água no país.

De facto, de acordo com “Água que une” [11], dos 50906 hm³ anuais de água disponível, 4354 hm³ são utilizados pelos vários setores da atividade, entre os quais o setor da Agricultura tem a primeira posição (73%). Parte desta água é aplicada nas áreas de regadio público, que somam 357 mil ha. Esta área, distribuída por 36 aproveitamentos hidroagrícolas, será menor do que a de regadio privado, individual, coletivo e tradicional, em conjunto [12].

5.2 Distribuição setorial e regional dos Recursos Hídricos e a Agricultura

A distribuição regional das disponibilidades hídricas no Continente é muito diversa. A RH1 Minho e Lima, a RH 3 Douro e a RH5 Tejo e Ribeiros do Oeste asseguram 75% do total nacional em ano médio, com cerca de 12 mil hm³ cada. Do total nacional de água consumida anualmente, à RH5 Tejo e Ribeiros do Oeste cabem 41% sendo os cerca de 60% restantes repartidos de modo similar nas regiões a Norte e a Sul dessa RH. Nas RH a Norte do Tejo, RH 5 incluída, a escassez de água, avaliada pelo índice WEI+ para 1989-2015, é elevada, com exceção da RH1 Minho e Lima, onde é nula. Nas 3 RH a Sul do Tejo, a escassez é severa (Guadiana e Algarve) ou extrema (Sado e Mira). Quanto à capacidade de armazenamento instalada (barragens e açudes), o total máximo nacional de 15118 hm³ resulta em mais de 1/3 (35%) dos aproveitamentos da RH Guadiana (Alqueva). Apesar da RH Douro contribuir para 1/5 do total nacional, é a Sul do Tejo que se encontra a maior capacidade de armazenamento de água: perto de 2/3 com a RH5, à qual cabem perto de 20%.

Tal como já referido no ponto 4 o setor agropecuário é responsável por utilizar quase 3/4 do total dos consumos anuais de água (73% na Agricultura e 1% na Pecuária), cabendo ao setor urbano 18% e a Indústria 7%. Embora, a utilização agrícola da água, em proporção do total dos consumos, nas diferentes RH não se afaste substancialmente da média nacional, essa proporção é superior na RH Douro e RH Cávado, Ave e Leça, a Norte, e globalmente nas RH do Sul do país (incluindo a RH5 Tejo) [1]. E vale a pena assinalar que as disponibilidades em ano seco são proporcionalmente menores do que as do ano médio nestas últimas e na RH Douro, situação hidrológica e regiões em que os consumos na Agricultura tendem a

ser também maiores [10]. Os aproveitamentos hidroagrícolas públicos cujo armazenamento assegura abastecimento às culturas regadas estão distribuídos no Continente Português, em correspondência com os níveis de escassez regional, Alentejo e Algarve dispo de um número consideravelmente superior ao resto do país, o Alentejo dispo de da maior área equipada [11].

Os desafios que se colocam ao setor agrícola também se perspectiva crescente, de acordo com as projeções para 2040, em cenário de clima futuro RPC 4.5, segundo o qual as disponibilidades descerão globalmente 6% em relação à situação atual média, com reduções de 14% nas RH do Sado e Mira, do Guadiana e das Ribeiras do Algarve. No lado das utilizações da água, as projeções para o mesmo cenário apontam para um acréscimo nacional de 26%, e da ordem dos 60% nestas últimas RH. Em termos absolutos, estas proporções traduzem-se por um acréscimo global nacional de consumo de 1119 hm³/ano, repartidos entre o setor urbano (156), a Indústria (35) e a Agropecuária (928). Assim, a expectativa de incremento percentual futuro rondaria 29% neste último setor, acima do incremento médio nacional projetado (26%). Por outro lado, a regionalização dos consumos projetados para o setor Agropecuário, ainda para o mesmo cenário de clima futuro e na ausência de novas origens, incluindo maior capacidade de armazenamento, revela que a proporção do total nacional de água utilizada pelo setor nas RH do Sul do país passará dos atuais 65% para 72%, cômputo que inclui a RH Tejo e Ribeiras do Oeste (que passa de 40% para 41%).

O retrato apresentado salienta o papel central do setor agrícola no conjunto dos utilizadores da água no Continente, posição que acrescenta responsabilidade ao setor quanto ao uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis. De facto, face ao potencial de conflito de uso com outros setores, aos quais também se exigirá um aumento na eficiência dos usos e redução de perdas, aos limites naturais e derivados das políticas ambientais, de ampliação das disponibilidades através da geração de reservas, o setor agrícola é o principal interessado em continuar a aumentar a produtividade da água consumida através de um incremento na eficiência de uso, nas suas várias componentes, desde as práticas culturais visando melhorias na economia de água pelas culturas até à manutenção e requalificação de equipamentos de rega e de infraestruturas de uso comum da água. Para além dos desafios de natureza técnica, o setor agrícola enfrenta um desafio igualmente importante, que é o da construção de perceções pela maioria da população, crescentemente urbana e alheada dos ciclos naturais, demonstrativas das ações de preservação e uso sustentável dos recursos naturais água e solo, realizadas no quotidiano das explorações. É um desafio a ser vencido com incrementos na literacia da população, nos níveis de exigência de qualidade nos processos produtivos pelos profissionais do setor, no suporte técnico e institucional que deriva dos instrumentos das políticas agrícola e da água, na transferência de conhecimento do meio académico para o terreno.

5.3 Água e Agricultura, Coesão territorial e Soberania

Coesão territorial

O relevo e a posição geográfica de Portugal Continental impõem contrastes naturais na distribuição das disponibilidades hídricas do país e condicionantes derivadas da divisão política das bacias hidrográficas dos rios ibéricos que desagüam no litoral português. Dos dois aspetos decorre a necessidade de considerar os recursos hídricos (i) no desenho das políticas de coesão territorial; (ii) como elementos de soberania. No seu conjunto, são elementos forçosamente presentes ao nível das estratégias, do planeamento e da gestão dos recursos hídricos, acomodando conflitos e tirando partido de sinergias.

A altimetria das frações do território a Norte e a Sul do Tejo, e a disposição dos relevos mais salientes a Norte deste rio, são referência constante na literatura geográfica portuguesa (Ferreira, 2005). Traduzem-se em fortes contrastes Norte-Sul e, a Norte, Litoral-Interior na precipitação e na produtividade das bacias, máximas a Noroeste e mínimas a Sul. Por outro lado, a distribuição das necessidades hídricas não agrícolas tem máximos nas aglomerações urbano-industriais do Litoral e mínimos em todo o Interior [13]. Quanto ao regadio, e como já se referiu, os contrastes são de novo Norte-Sul, governados pela aridez, pela estrutura fundiária e pelo nível de intensificação e especialização da atividade agrícola, superior a Sul do Tejo [11].

O balanço disponibilidades vs. necessidades no território é, pois, fortemente contrastado, apelando a uma diferenciação regional nas estratégias de gestão da água, que, de resto, está em curso com os Planos Regionais de Eficiência Hídrica [10]. As transferências de caudais entre bacias (menos de 395 hm³/ano) [11], são uma expressão da necessidade de assegurar a coesão territorial neste domínio. Todavia, entende-se que a coesão territorial não dispensa e pressupõe o uso eficiente da água disponível (gestão) e a regulação do uso da água pelos sectores utilizadores (planeamento), considerando ainda o projetado decréscimo tendencial das disponibilidades.

Soberania

Da área total das bacias luso-espanholas (Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana), 22% situa-se em território nacional, tendo o Tejo e o Douro a maior representação (respetivamente, 24800 e 18600 em 56930 km²) [1]. Dos recursos hídricos totais médios anuais do Continente, 88% são superficiais, dos quais 35% são contributo português e 53% têm origem nas bacias luso-espanholas [11]. Em valores médios anuais, o conjunto dos usos da água destas bacias em Portugal representa 1/5 do global ibérico, e é cerca de 25% dos recursos hídricos da parte portuguesa das bacias luso-espanholas (com igual proporção em Espanha), sendo a componente uso agrícola dos consumos sempre da ordem dos 3/4 do total [1].

A Convenção sobre Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-espanholas [14], é o instrumento jurídico-diplomático regulador das relações entre os dois países no que toca às bacias partilhadas. A Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção e a Conferência das Partes são os órgãos de cooperação da Convenção, a qual tem por objeto “definir o quadro de cooperação entre as Partes para a proteção das águas superficiais e subterrâneas e dos ecossistemas aquáticos e terrestres deles diretamente dependentes, e para o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos das bacias luso-espanholas”.

As disponibilidades hídricas efetivas nas bacias dos rios ibéricos que desaguam em Portugal estão, pois, incontornavelmente condicionadas por decisões relativas ao uso da água em Espanha. A existência de estruturas experientes e consolidadas de governança coordenada entre os dois países (anteriores às resultantes da Convenção, como a Comissão dos Rios Internacionais de 1968), concorre para acautelar interesses e dirimir conflitos de forma continuada. Apesar disso, a dependência limita a soberania e, deste modo, a redução da dependência através de um reforço do contributo nacional para o balanço entre disponibilidades e necessidades vai em favor do reforço da soberania.

6. Poluentes emergentes na água para rega agrícola em Portugal

6.1. Fármacos

Diversos estudos confirmam a presença de fármacos, incluindo anti-inflamatórios, antibióticos e reguladores hormonais, em rios e estuários portugueses. Reis-Santos *et al.* (2018) identificaram estas substâncias no estuário do Tejo, enquanto Pereira

et al. (2017) documentaram contaminação significativa nos rios Mondego, Tejo, Guadiana e Trancão. Mais a norte, Fernandes *et al.* (2020) encontraram resíduos farmacêuticos nos rios Douro e Leça, reforçando a ubiquidade destes compostos em sistemas hídricos de diferentes regiões. A nível nacional, Viana *et al.* (2021) analisaram todas as bacias hidrográficas do continente, confirmando que os resíduos farmacêuticos estão disseminados nos principais recursos hídricos superficiais utilizados, direta ou indiretamente, para fins agrícolas.

As principais fontes de contaminação são as descargas de estações de tratamento de águas residuais (ETARs), que aumentam significativamente as concentrações a jusante, e o escoamento agrícola e urbano, especialmente em regiões com elevada densidade populacional ou atividade agrícola intensiva (Pereira *et al.*, 2017; Reis-Santos *et al.*, 2018; Fernandes *et al.*, 2020; Viana *et al.* (2021). A eficiência limitada das ETARs na remoção destes compostos é um fator crítico.

6.2. Produtos fitofarmacêuticos e fertilizantes agrícolas

A gestão de fertilizantes e de produtos fitofarmacêuticos, com recurso a técnicas de agricultura de precisão, assim como a própria formulação dos princípios ativos e a adesão aos princípios da produção integrada, têm tido um efeito positivo no controlo e redução da contaminação com origem agrícola das massas de água em Portugal continental. No contexto específico das massas de água subterrâneas, Portugal designou zonas vulneráveis à poluição por nitratos de origem agrícola nas quais, de acordo com a Directiva 91/676/CEE (Directiva "Nitratos"), é aplicado um Programa de Acção que visa reduzir a presença de nitratos nos aquíferos, localizados sobretudo em zonas de produção hortícola e pecuária em regime intensivo (Barroso *et al.* 2015; Costa *et al.* 2021; Serra *et al.*, 2021; Zeferino *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2023). A presença de poluentes emergentes reforça a necessidade de uma adequada monitorização e de formação dos agricultores para práticas mais sustentáveis.

6.3. A contaminação da água de rega por microplásticos

A contaminação com microplásticos, nomeadamente no caso da água utilizada para a rega, é ainda largamente desconhecida em Portugal. No entanto, resultados preliminares obtidos em campos agrícolas da região Centro, ocupados com pomares, indicam uma contaminação elevada do solo com microplásticos e a água de rega como a principal fonte dessa contaminação (Velo *et al.*, 2024). É de salientar que, nesta região, a água de rega provém, fundamentalmente, de águas superficiais.

Apesar da falta de estudos relativos ao estado de contaminação com microplásticos nas águas de rega em Portugal, existem alguns trabalhos que identificaram concentrações importantes, embora muito variáveis, de microplásticos em águas superficiais e, em particular, em rios. A este respeito, Rodrigues *et al.* (2018) num estudo que fizeram no rio Antuã encontraram concentrações entre 58 e 1265 partículas/L com uma predominância de polietileno e de polipropileno. Outro estudo, desta vez realizado no rio Lis por Sá *et al.* (2022), refere concentrações entre 0,02 e 2311,11 partículas/m³ (i.e., entre, aproximadamente 0 e 2,3 partículas/L). Parte destes microplásticos poderá provir de águas residuais uma vez que estas são responsáveis por uma libertação estimada de $4,1 \times 10^{12}$ partículas por ano em Portugal (Prata *et al.*, 2020).

Apesar da atenção crescente que os microplásticos têm recebido e da sua ubiquidade nos ecossistemas, existe ainda muito por conhecer acerca desta classe de contaminantes. Contudo, a existência de efeitos negativos associados aos micro e nanoplásticos, não apenas na saúde dos ecossistemas, mas também na saúde humana, é clara. Assim, é necessária mais investigação para melhor se compreenderem os efeitos, especialmente a longo prazo, dos microplásticos e para se

encontrarem tecnologias eficazes para reduzir e mitigar a presença destes contaminantes nos ecossistemas. Nesse sentido, a avaliação da concentração de microplásticos na água de rega torna-se cada vez mais relevante e, associada à definição de valores limite e de técnicas analíticas de referência, tem uma elevada importância como indicadora da qualidade da água utilizada para fins agrícolas.

7. Contributos para a melhoria da gestão da água para a agricultura

A evolução dos sistemas de rega revela uma transição significativa para métodos mais eficientes: a rega localizada representa atualmente 54% da área regada, seguida pela aspersão (28%) e pela gravidade (18%) (INE, 2024). Esta transformação tecnológica tem contribuído para ganhos de eficiência, evidenciados pela redução de 52% no volume de água utilizada entre 2002 e 2023 (de 6 551 hm³ para 3 175 hm³), apesar do aumento da área regada (INE, 2024). Estes resultados estão associados à adoção de tecnologias sustentáveis, sistemas inteligentes de rega e à crescente profissionalização da gestão agrícola.

Apesar destes progressos, subsistem limitações estruturais. As albufeiras nacionais apresentam uma capacidade de armazenamento equivalente a apenas 20% das afluências médias anuais, o que implica a perda de cerca de 80% da água potencialmente utilizável. Este défice de retenção compromete a resiliência hídrica do país, sobretudo em cenários de variabilidade climática e de maior pressão sobre os recursos hídricos.

Neste enquadramento, diversos especialistas e organizações do setor do regadio têm defendido a implementação de uma Estratégia Nacional para a Água e para o Regadio, vertidas no documento “Água que Une”, orientada para três eixos fundamentais: modernização de infraestruturas, aumento da capacidade de armazenamento e interligação das redes de distribuição [15]

A modernização é particularmente relevante em regadios públicos com mais de quatro décadas, nos quais persistem perdas significativas de água, contrastando com sistemas mais recentes onde essas perdas não ultrapassam os 10% [11]. Paralelamente, torna-se necessária a construção de novas barragens como a do Alvito no rio Ocreza e a do Pisão-Crato, na bacia do Tejo, as da Foupana e de Alportel no Algarve - vitais também para aliviar a atual pressão sobre os aquíferos - ou a de Girabolhos no Mondego, assim como o alteamento de algumas barragens existentes em zonas com maiores afluências, como por exemplo, no Lucefecit, Montargil, Maranhão, Idanha, Alvito (do Alentejo), de modo a aumentar a capacidade de regularização interanual [11].

A revisão dos títulos de utilização da água, de forma a permitir usos múltiplos, constitui igualmente um contributo relevante para a otimização do recurso. Complementarmente, a interligação entre reservatórios e a ligação entre diferentes bacias hidrográficas, como a proposta de transferência do Tejo para o Guadiana ou a ligação de Alqueva às bacias do Sado e do Mira, representam medidas estratégicas para assegurar uma distribuição mais eficiente e equitativa da água disponível (Rodrigues *et al.*, 2022).

A expansão e modernização das áreas de regadio, particularmente em regiões menos favorecidas, assumem um papel determinante na promoção da coesão territorial, no reforço da segurança alimentar e na sustentabilidade da agricultura. Neste contexto, a Estratégia “Água que Une” surge como uma proposta estruturada que procura integrar as dimensões técnica, ambiental, social e económica da gestão hídrica [11].

A ausência de medidas estruturais poderá traduzir-se em perdas de produção, aumento de custos, redução da competitividade e riscos para a segurança alimentar nacional. Assim, a gestão eficiente da água deve ser entendida como um elemento estratégico para a agricultura e para o desenvolvimento sustentável do país, exigindo planeamento integrado, investimentos consistentes e soluções inovadoras que respondam aos desafios impostos pelas alterações climáticas (Rodrigues *et al.*, 2022).

8. Conclusões

A agricultura portuguesa vive um momento decisivo no que toca à gestão da água. Num país marcado por um clima mediterrânico, caracterizado por verões longos, quentes e secos, a água é muito mais do que um recurso essencial e representa, frequentemente, o principal fator limitante da produção agrícola.

Apesar das dificuldades, o setor tem mostrado capacidade de adaptação. Hoje rega-se com menos água, fruto da modernização dos sistemas de rega, do uso de métodos e tecnologias de apoio à decisão e de um maior conhecimento e profissionalização dos agricultores. Estes avanços traduzem-se em ganhos de eficiência, numa maior produtividade da água e em maior resiliência face às alterações climáticas. Contudo, ainda há muito por fazer. O país continua a ter pouca capacidade de armazenar água, que o torna muito vulnerável à aleatoriedade climática, com uma grande dependência dos caudais vindos de Espanha e a enfrentar riscos crescentes de secas prolongadas. Além disso, a pressão sobre os recursos hídricos é agravada pela salinização das massas de água nas zonas costeiras, pela poluição pontual e difusa de diversas origens, pela presença de poluentes emergentes e microplásticos, bem como pela proliferação de espécies invasoras e pela necessidade de compatibilizar as múltiplas atividades dependentes da água. Estes fatores representam novos desafios para a qualidade da água destinada à agricultura.

O futuro passa por diversificar soluções: aumentar a reutilização de águas residuais tratadas, investir em barragens e interligações estratégicas, modernizar e requalificar infraestruturas de armazenamento e distribuição de água, disseminar o recurso à agricultura de precisão e, sobretudo, promover uma utilização da água que promova a produção de alimentos e outros bens e serviços que são prestados pela agricultura e florestas, inclusive a promoção ambiental, o desenvolvimento sócio económico e a coesão territorial garantindo a sustentabilidade dos recursos hídricos nacionais para as próximas gerações.

Agradecimentos

Anabela Afonso Fernandes Silva agradece o suporte de fundos Nacionais pela FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, no âmbito dos projectos UID/04033: Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas e LA/P/0126/2020 (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0126/2020>);

Tomás de Figueiredo agradece o suporte de fundos nacionais através de FCT/MCTES (PIDDAC): CIMO, UIDB/00690/2020 (DOI: 10.54499/UIDB/00690/2020) e UIDP/00690/2020 (DOI:10.54499/UIDP/00690/2020); e SusTEC, LA/P/0007/2020 (DOI:10.54499/LA/P/0007/2020).

Referências Bibliográficas

Barroso, M., Ramalhosa, M., Olhero, A., Antão, M., De Fátima De Pina, M., Guimarães, L., Teixeira, J., Teixeira, J., Afonso, M., Afonso, M., Delerue-Matos, C., Chaminé, H., & Chaminé, H. (2015). Assessment of groundwater contamination in an agricultural peri-urban area (NW Portugal): an integrated approach. *Environmental Earth*, 73, 2881-2894. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3297-3>.

Costa, L. R. D., Hugman, R. T., Stigter, T. Y., & Monteiro, J. P. (2021). Predicting the impact of management and climate scenarios on groundwater nitrate concentration trends in southern Portugal. *Hydrogeology Journal*, 29(7), 2501–2516. <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02374-4>

DGAV - Direção Geral de Agricultura e Veterinária (2014). Guia de Boas práticas: Água de qualidade Adequada para a alimentação animal. <https://www.dgav.pt/wp->

Fernandes, M. J., Paiga, P., Silva, A., Llaguno, C. P., Carvalho, M., Vázquez, F. M., & Delerue-Matos, C. (2020). Antibiotics and antidepressants occurrence in surface waters and sediments collected in the north of Portugal. *Chemosphere*, 239, 124729. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124729>

Gomes, E., Antunes, I. M. H. R., & Leitão, B. (2023). Groundwater management: Effectiveness of mitigation measures in nitrate vulnerable zones – a Portuguese case study. *Groundwater for Sustainable Development*, 21, 100899. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100899>

INE – Instituto Nacional de estatística. (2024). O regadio nas explorações agrícolas- Inquérito à estrutura das explorações agrícolas 2023 – Principais resultados. Encontro Ibérico da água da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 12 de Dezembro de 2024, Universidade Lusófona, Lisboa.

Pereira, A. M. P. T., Silva, L. J. G., Laranjeiro, C. S. M., Meisel, L. M., Lino, C. M., & Pena, A. (2017). Human pharmaceuticals in Portuguese rivers: The impact of water scarcity in the environmental risk. *Science of The Total Environment*, 609, 1182–1191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.200>

Prata, J. C., Da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental status of (micro)plastics contamination in Portugal. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 200, 110753. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110753>

Reis-Santos, P., Pais, M., Duarte, B., Caçador, I., Freitas, A., Vila Pouca, A. S., Barbosa, J., Leston, S., Rosa, J., Ramos, F., Cabral, H. N., Gillanders, B. M., & Fonseca, V. F. (2018). Screening of human and veterinary pharmaceuticals in estuarine waters: A baseline assessment for the Tejo estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 1079–1084. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.036>

Serra, J., Cameira, M. D. R., Cordovil, C. M. d. S., & Hutchings, N. J. (2021). Development of a groundwater contamination index based on the agricultural hazard and aquifer vulnerability: Application to Portugal. *Science of The Total Environment*, 772, 145032. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145032>

Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2018). Spatial and temporal distribution of microplastics in water and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of The Total Environment*, 633, 1549–1559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.233>

Sá, B., Pais, J., Antunes, J., Pequeno, J., Pires, A., & Sobral, P. (2022). Seasonal Abundance and Distribution Patterns of Microplastics in the Lis River, Portugal. *Sustainability*, 14(4), 2255. <https://doi.org/10.3390/su14042255>

Viana, P., Meisel, L., Lopes, A., De Jesus, R., Sarmento, G., Duarte, S., Sepodes, B., Fernandes, A., Dos Santos, M. M. C., Almeida, A., & Oliveira, M. C. (2021). Identification of Antibiotics in Surface-Groundwater. A Tool towards the Ecopharmacovigilance Approach: A Portuguese Case-Study. *Antibiotics*, 10(8), 888. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080888>

Veloso, A., Silva, V., Lwanga, E. H., Beriot, N., Horta, M. do C., Simões, M. P., & Geissen, V. (2024). Contaminação do solo com microplásticos – estado atual em pomares de pessegueiro e possíveis fontes de contaminação. *Solo - Pilar de uma só saúde*, 69. <https://eacs.pt/>

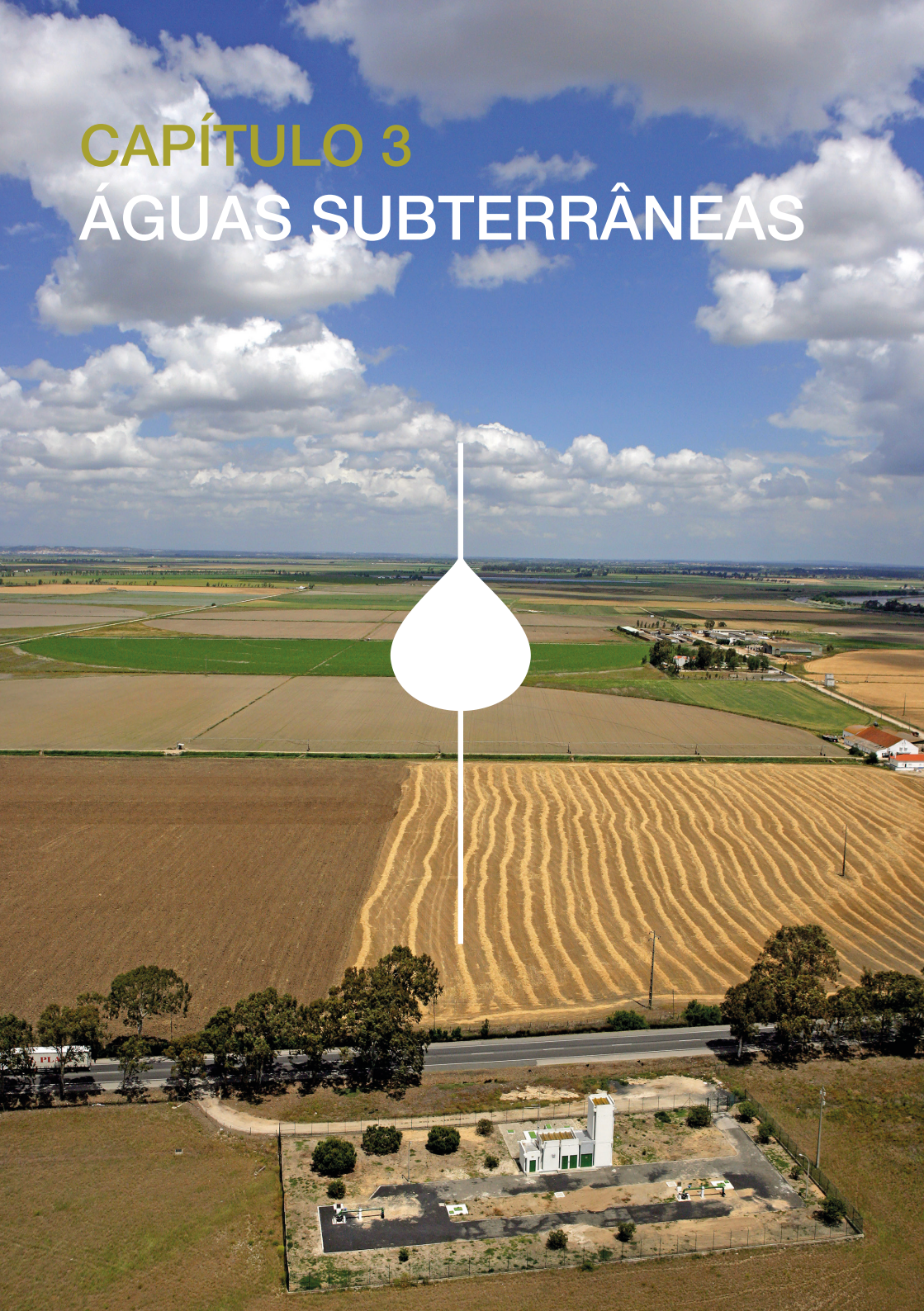
Zeferino, J., Carvalho, M. R., Lopes, A. R., Jesus, R., Afonso, M. J., Freitas, L., Carvalho, J. M., & Chaminé, H. I. (2021). Assessment of future trends on groundwater quality in a nitrate vulnerable zone (Esposende-Vila do Conde sector, NW Portugal): Towards a combined conceptual and mass transport modelling. *Hydrogeology Journal*, 29(6), 2267–2283. <https://doi.org/10.1007/s10040-021-02368-2>

Documentos institucionais e legislação

- [1] Plano Nacional da Água, Decreto-Lei n.º 76/2016. <https://apambiente.pt/agua/plano-nacional-da-agua>
- [2] Aproveitamento Hidroagrícolas do grupo II do Continente, Culturas e áreas regadas em 2023. <https://sir.dgadr.gov.pt/pt/pub-leg/publicacoes/download/8-regadio/421-aproveitamentos-hidroagricolas-do-grupo-ii-no-continente-culturas-e-areas-regadas-em-2023>
- [3] <http://raise2030.fenareg.pt/wp-content/uploads/2024/01/infografiaSistemasRega.jpg>
- [4] Smart Green Water I Introdução e avaliação dos “gêmeos digitais” para a gestão da água. <https://interreg-sudoe.eu/pt-pt/piloto-proyecto-27/smart-green-water-introduccion-y-evaluacion-de-los-gemelos-digitales-para-la-gestion-del-agua/>
- [5] <https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-de-regiao-hidrografica> (consultados em março de 2025).
- [6] Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação. <https://desertificacao.pt/index.php/quem-somos/pancd>
- [7] Programa Nacional para as Alterações Climáticas. <https://apambiente.pt/clima/antecedentes-pnac>
- [8] Programa Nacional de Regadios. <https://apambiente.pt/agua/plano-nacional-de-regadio>
- [9] Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. <https://apambiente.pt/agua/programa-nacional-para-o-uso-eficiente-da-agua>
- [10] Planos Regionais de Eficiência Hídrica. <https://apambiente.pt/agua/planos-regionais-de-eficiencia-hidrica>
- [11] Água que une” – Estratégia nacional para a gestão da água. <http://aguaqueune.pt/>
- [12] O Regadio em Portugal Continental, DGADR. <https://www.dgadr.gov.pt/mediateca?task=download.send&id=95&catid=13&m=0>
- [13] Abastecimento público de água, PORDATA, 2024. https://www.pordata.pt/sites/default/files/2024-06/Europa_Abastecimento_publico_de_agua.xlsx
- [14] Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Lusó-espanholas. <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=6&idItem=1>
- [15] Contributo para uma estratégia nacional para o regadio. https://www.fenareg.pt/wp-content/uploads/ENR_Relato%CC%81rio-Final_27Maio2019.pdf

CAPÍTULO 3

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



O ESTADO GLOBAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS 30 ANOS DO SEMINÁRIO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SAS, 1993 – 2024)

João Paulo Lobo Ferreira

Presidente da Comissão Diretiva da APRH no biênio 1992-1994, Presidente da Comissão Científica do 14.º Seminário sobre Águas Subterrâneas, Investigador-Coordenador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1. INTRODUÇÃO

É com enorme honra e alegria que aceitei o convite do Presidente da APRH, Eng.º Jorge Gonçalves, para elaborar este Capítulo como Presidente da Comissão Científica do 14º SAS da APRH, realizado em Lisboa em 5 e 6 dezembro de 2024 na Universidade Lusófona. Pretendemos realçar a participação proativa dos Membros da APRH, em parceria com a IAH-GP, na celebração dos 30 anos do Seminário sobre Águas Subterrâneas. De facto, passaram já 30 anos desde a organização do 1º Seminário sobre Águas Subterrâneas pela APRH, organizado pela Comissão Especializada das Águas Subterrâneas (CEAS), no LNEC em 20 e 21 de maio de 1993. Naturalmente que não foi por coincidência que tal ocorreu na vigência da Comissão Diretiva da APRH (1992-1994) que tive a honra de presidir. O lema para o 14º SAS, de celebração, a meu ver foi “SAS 30 anos de Conhecimento, Disseminação e Relações Internacionais, construindo a Comunidade das Águas Subterrâneas em Portugal”. Com base no notável trabalho da CEAS prosseguimos, de 1996 a 2024, a organização de 13 SAS. Nesses SAS promoveu-se o intercâmbio de ideias e de experiências nos domínios das Águas Subterrâneas, discutindo como bem passar do conhecimento à prática, impulsionando a construção de respostas cientificamente baseadas. Há ainda muito a fazer no domínio das Águas Subterrâneas para adaptação do País às alterações climáticas, em termos de gestão do armazenamento em aquíferos. Gostaria de referir um recente artigo na Revista Florestas/Conhecer sobre a temática “Há soluções de recarga artificial de águas subterrâneas para gerir bacias hidrográficas e sistemas aquíferos sob cenários de seca extrema em Portugal?”. O convite que me foi dirigido surgiu na sequência da publicação pela Assembleia da República da Resolução n.º 86/2022, de 26 de dezembro, que recomenda ao Governo “...incentive a recarga artificial de aquíferos para reforço da eficiência hídrica”. Aplauda-se a Resolução, que constitui um marco histórico incentivador da aplicação da Gestão da Recarga de Aquíferos também em Portugal. É fundamental a criação de verdadeiras “contas poupança de água” pela utilização dos excedentes hídricos superficiais dos anos húmidos ou de situação de cheia, em armazenamento subterrâneo disponível em anos de seca, nomeadamente nos aquíferos do Algarve. Este foi um de múltiplos temas em discussão no 14º SAS, nomeadamente em três Mesas Redondas e numa Sessão Especial, cujos Relatos de autoria de Manuel Oliveira, Joel Zeferino, Rosário Carvalho e Susana Neto são apresentados no final deste Capítulo.

2. ESTADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS¹

2.1 Situação Global

A água sempre foi o principal recurso natural do qual a humanidade dependeu. Grandes civilizações surgiram ao longo dos grandes rios. A distribuição irregular dos recursos hídricos no tempo e no espaço impôs-se então como uma implacável lei da natureza. Os humanos adaptaram-se o melhor possível, aproveitando, por vezes de forma notável, os extremos cíclicos dos caudais dos rios. Com o tempo, procuraram controlar e gerir os recursos hídricos, construindo barragens e canais para conduzir a água para abastecimento e irrigação.

As **águas subterrâneas** constituem massas de água abaixo da superfície, saturando os espaços intersticiais nas formações geológicas. Dependendo das características das formações geológicas onde ocorrem, as águas subterrâneas podem constituir aquíferos se estas formações puderem armazenar e fornecer água em condições economicamente utilizáveis. A designação de **formações hidrogeológicas** refere-se à generalidade das formações geológicas de águas subterrâneas. Um **sistema aquífero** é considerado um domínio espacial, limitado em superfície e profundidade, no qual existem um ou vários aquíferos, relacionados ou não entre si, mas que constituem uma unidade funcional para investigação ou exploração. Os aspetos mais importantes a considerar para um sistema aquífero são a sua **transmissividade**, **armazenamento** (que se relaciona com o coeficiente de armazenamento e a dimensão do sistema aquífero), **volume de recarga** e **qualidade da água**.

O crescente desenvolvimento da economia mundial e do nível de vida da população, e a explosão demográfica, registada principalmente desde o último século, impuseram, no entanto, uma enorme pressão sobre os recursos hídricos tradicionalmente explorados, por vezes perto do colapso. Os recursos superficiais localizados em rios, lagos e reservatórios, por si só, já não satisfazem as crescentes necessidades de água.

Os recursos de água subterrânea, que são mais difíceis de captar e, hoje em dia, eventualmente de armazenar e capturar, só recentemente começaram a ser explorados em larga escala. O seu volume, significativamente superior aos recursos superficiais, torna-os uma excelente fonte, uma vez que se conheçam as leis hidrológicas que os governam. Um grande número de regiões em todo o mundo é agora principalmente abastecido por águas subterrâneas. No entanto, tal como acontece com os recursos superficiais, começou a observar-se uma degradação progressiva da sua qualidade. Além dos rios, lagos e mares, o solo sempre serviu de recetáculo para a maioria dos efluentes líquidos e resíduos sólidos da atividade humana. Contrariamente ao que acontecia com as águas superficiais, o problema da **poluição das águas subterrâneas**, no entanto, nunca preocupou significativamente os decisores, seja a nível central, regional ou local. Isto deve-se talvez à ignorância dos perigos potenciais da poluição das águas subterrâneas. Este tipo de poluição é, no entanto, por várias razões, muito mais grave a médio e longo prazo do que para as águas superficiais.

1 Texto de autoria de JP Lobo Ferreira, baseado na 1ª Conferência convidada “Visão global da Águas Subterrâneas no Mundo” do 14º Seminário sobre Águas Subterrâneas da APRH em parceria com a Associação Internacional de Hidrogeólogos, realizado em Lisboa em 5 e 6 de dezembro de 2024, sob o lema “30 ANOS. STATE OF THE ART DO ESTADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS” e no Capítulo 2 “State of the Art” do livro ENGINEERING, GROUNDWATER, AND INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT, da World Federation of Engineers Organizations, Standing Technical Committee on Water, disponível em https://www.wfeo.org/wp-content/uploads/wg-w/CW-ENGINEERING_GROUNDWATER_AND_INTEGRATED_WATER_RESOURCES_MANAGEMENT.pdf.

- Primeiro, as **velocidades de escoamento das águas subterrâneas são significativamente inferiores** às do escoamento superficial. O que acontece na superfície em segundos normalmente leva um dia ou mais no subsolo. Assim, o problema geralmente só é detetado demasiado tarde, quando grande parte do meio subterrâneo já está poluído.
- Em segundo lugar, o **meio subterrâneo poroso retém parcialmente os poluentes**, libertando-os muito lentamente, o que dificulta a lavagem completa do solo.
- E em terceiro lugar, porque os **volumes afetados são substancialmente mais elevados**.

Tornou-se urgente conhecer os mecanismos que regem os fluxos subterrâneos. No que diz respeito aos aspetos de quantidade, foram feitos grandes progressos e o estado atual do conhecimento é vasto. Em termos de qualidade, só há pouco mais de cinco décadas é que foram iniciados estudos detalhados para compreender os fenómenos em questão.

2.2 Recursos e Recarga de Águas Subterrâneas em Condições de Alterações Climáticas

As águas subterrâneas encontram-se em quase toda a parte (Figura 1²), mas variam enormemente em termos de quantidade, qualidade e recarga. A distribuição dos vários tipos hidrogeológicos mapeados mostra que, em média global, metade da superfície terrestre (47%) dos continentes (excluindo a Antártida) é composta por aquíferos locais e pouco profundos com ocorrências menores de águas subterrâneas. Nessas áreas as águas subterrâneas estão limitadas à zona de alteração da rocha-mãe que também pode conter aquíferos produtivos locais.

Aproximadamente 35% do subsolo terrestre acolhe aquíferos relativamente homogêneos, geralmente em grandes bacias sedimentares que podem oferecer boas condições para a exploração de águas subterrâneas. 18% do subsolo terrestre compreende aquíferos num contexto geologicamente complexo com aquíferos altamente produtivos em regiões heterogêneas dobradas ou com falhas, perto de outras zonas não aquíferas ou aquíferas.

Além do aumento das taxas de exploração de águas subterrâneas, em todo o mundo, a principal variação na disponibilidade regional de águas subterrâneas provém da **diminuição da recarga dos aquíferos**. Isto causa alterações no nível piezométrico e nas interfaces entre as águas superficiais e subterrâneas com alterações nas taxas de descarga dos aquíferos para os rios, ecossistemas dependentes de águas subterrâneas e nas interfaces entre água doce e salgada em aquíferos costeiros e áreas estuarinas.

2 Os QR codes da Figura 1 permitem o acesso aos originais dos documentos de onde os mapas foram extraídos.

https://www.wfrio.org/wp-content/uploads/wg-w/CW-ENGINEERING_GROUNDWATER_AND_INTEGRATED_WATER_RESOURCES_MANAGEMENT.pdf



Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água de 2022 (Águas subterrâneas: tornar o invisível visível)



ENGINEERING, GROUNDWATER, AND INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT: Groundwater status por João Paulo Lobo-Ferreira (CG APRH, CNA, Portugal)
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/p10000380726_por_locale=en



Aproveitamento global de águas subterrâneas: O volume global de água doce líquida está estimado em 10,5 milhões de km³. Aproximadamente 99% deste consiste em águas subterrâneas. As águas subterrâneas fornecem cerca de 25% de toda a água doce captada na Terra, mas a sua participação no uso consumativo da água é muito maior, assim como os benefícios globais que proporciona. O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água de 2022 (Águas subterrâneas: tornar o invisível visível) refere a

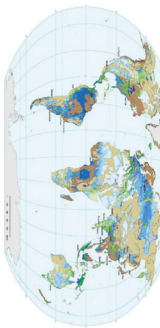


Figure 2.10 Hydrogeological map of Africa showing estimated groundwater recharge. From the 1980s to 2000, the recharge was estimated to be more than 500 mm/year (in blue). Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.

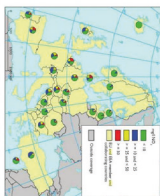


Figure 2.11 Groundwater storage in Asia. Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.

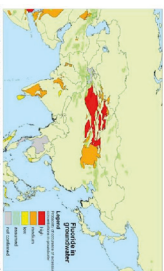


Figure 2.12 Groundwater storage in South America. Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.

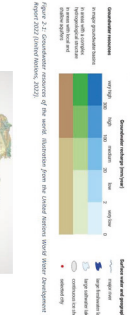


Figure 2.13 Groundwater storage in Africa. Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.

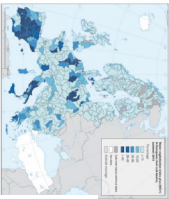
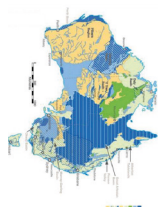
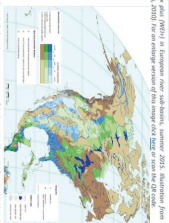
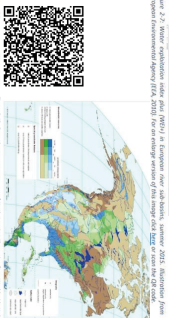


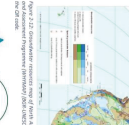
Figure 2.14 Groundwater storage in Europe. Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.



captagem estimada global de águas subterrâneas durante 2017 em 959 km³ (Nações Unidas, 2022). A Ásia tem a maior quota com 64,5%. É seguida pela América do Norte (15,5%), Europa (7,1%), África (6,7%), América do Sul (5,4%) e Austrália e Oceânia (0,7%). Uma repartição da captação de águas subterrâneas por sector de utilização da água mostra que 69% do volume total é captado para uso no sector agrícola, 22% para uso doméstico e 9% para fins industriais.



Figure 2.15 Hydrogeological map of Africa showing estimated groundwater recharge. From the 1980s to 2000, the recharge was estimated to be more than 500 mm/year (in blue). Illustration from BRIDA, the French geological survey (BRIDA, 2022). For an embossed version of this map see here or scan the QR code.



O aumento dos fenômenos de precipitação extrema, mesmo com volumes médios anuais idênticos, também pode causar uma diminuição da recarga de águas subterrâneas, porque a capacidade de infiltração do solo é ultrapassada com mais frequência, favorecendo o escoamento superficial em vez da recarga. Esta subdivisão varia de continente para continente, como se descreve na Tabela 1.

Tabela 1. Recursos de Águas Subterrâneas do Mundo – Estatísticas.

Bacias de Águas Subterrâneas Principais (milhões de km²)	%	Estruturas hidrogeológicas complexas (milhões de km²)	%	Aquíferos locais e pouco profundos (milhões de km²)	%
África	13,48	44,9	3,31	11,0	14,54
Ásia	32,0	7,84	17,3	44,1	22,98
Austrália, Nova Zelândia	2,60	32,5	50,7	2,90	5,15
Europa	53,0	1,82	36,3	18,8	2,49
América Central/América do Sul	2,74	8,35	45,0	28,2	2,02
América do Norte	3,21	15,0	5,75	10,9	26,9
Mundo (excl. Antártida)	8,18	44,1	12,40	47,32	35,6

Vários dos principais aquíferos do mundo estão sob **crescente pressão hídrica**, e 30% dos maiores sistemas de águas subterrâneas estão a ser esgotados (Nações Unidas, 2022), sendo a captação de água para irrigação o principal fator no esgotamento das águas subterrâneas em todo o mundo. A captação insustentável de água é uma preocupação primordial na região Ásia-Pacífico, uma vez que alguns países retiram proporções insustentáveis do seu abastecimento de água doce excedendo metade da disponibilidade total de água. Sete dos 15 principais países extratores de águas subterrâneas estão na Ásia e no Pacífico (ESCAP Nações Unidas, 2018). As projeções em análise sugerem que o uso de águas subterrâneas **aumentará 30% até 2050** (ESCAP Nações Unidas, 2018).

As principais preocupações atuais relacionam-se com o **esgotamento das águas subterrâneas** (perda do amortecedor contra a variabilidade da precipitação) e as alterações na humidade do solo (e escoamento) devido à alteração da ocupação do solo para assentamentos urbanos ou novas áreas agrícolas. Cerca de 2 mil milhões de pessoas dependem do abastecimento de águas subterrâneas. Globalmente foram identificados 468 aquíferos e/ou sistemas aquíferos transfronteiriços principais (Programa UNESCO-IAHP ISARM, 2009).

Durante o século XX, ocorreu uma “revolução silenciosa” sem precedentes (Llamas & Martínez-Santos, 2005) na captação de águas subterrâneas em todo o mundo, impulsionando significativamente a produção de alimentos irrigados e o desenvolvimento rural. A taxa global de captação de águas subterrâneas **triplicou nos últimos 50 anos** e continua a aumentar a uma taxa anual de 1-2%. As águas subterrâneas são agora uma fonte significativa de água para consumo humano, abastecendo quase metade de toda a água potável no mundo (WHO/UNICEF, 2020).

A captação de águas subterrâneas representa aproximadamente **26% do total de água captada a nível mundial** e cerca

de **43% de toda a água é consumida para irrigação**; dois terços do montante total são captados na Ásia, com a Índia, China, Paquistão, Irão e Bangladesh como principais consumidores (Siebert, *et al.*, 2010). Grandes sistemas aquíferos ainda contêm grandes volumes de águas subterrâneas, mas a recarga pode já não satisfazer a procura sustentável contemporânea (Foster & Loucks, 2006), ou em áreas desérticas ser mesmo inexistente. Assim, os recursos de águas subterrâneas não renováveis e o desenvolvimento da circulação de águas subterrâneas acessíveis nestes aquíferos “fósseis” envolvem um esgotamento irreversível.

As taxas de captação de águas subterrâneas não atingiram ainda o seu pico, mas são dominadas pelo uso agrícola em áreas irrigadas. Inúmeros sistemas de águas subterrâneas nas zonas áridas e semiáridas do mundo não são suficientemente resilientes para acomodar o esgotamento do armazenamento sob um desenvolvimento intensivo de águas subterrâneas. Isso é verdade não só para as águas subterrâneas não renováveis, mas também para muitos aquíferos atualmente sob recargas diminuídas pelas alterações climáticas. O resultado é um **esgotamento progressivo do armazenamento do aquífero**, tornado evidente pelo declínio constante dos níveis piezométricos das águas subterrâneas.

Quanto à qualidade das águas subterrâneas: a circulação de águas subterrâneas pouco profundas, que é explorada para todas as necessidades humanas, é altamente vulnerável. Foram documentadas alterações graduais na qualidade local das águas subterrâneas em todo o mundo. As alterações mais omnipresentes são causadas por **poluentes resultantes da atividade antropogénica**, como esgotos, resíduos líquidos e sólidos, produtos químicos usados na agricultura, estrume de gado, fluxos de retorno de irrigação e resíduos de mineração. Uma segunda categoria resulta da **migração de água de má qualidade** para as zonas do aquífero, incluindo a intrusão salina em aquíferos costeiros ou a migração ascendente de águas subterrâneas altamente mineralizadas devido à captação de águas subterrâneas.

As **alterações climáticas**, e o aumento do nível do mar associado, deverão constituir outra ameaça à qualidade das águas subterrâneas em áreas costeiras. Apesar das preocupações reais com as taxas de captação insustentáveis e a poluição dos aquíferos em muitas partes do mundo, as águas subterrâneas ainda apresentam muitas oportunidades de desenvolvimento e continuarão a sê-lo se forem cuidadosamente geridas.

Quase todos os países árabes são caracterizados por terem escassez de água. Os aquíferos partilhados não renováveis da região, ou os aquíferos “fósseis”, estão a ser cada vez mais explorados, e a intrusão de água salgada por sobre-bombagem de águas subterrâneas representa um desafio significativo para a gestão dos aquíferos costeiros.

Um indicador que exprime o grau de pressão sobre as águas subterrâneas renováveis como consequência da sua captação é o **indicador de stress do desenvolvimento de águas subterrâneas renováveis** (RGDS). É a relação entre a captação anual de águas subterrâneas a partir de recursos renováveis de águas subterrâneas e a recarga anual média na área em questão, expressa em percentagem. Tornar-se-á, portanto, claro que o valor numérico do RGDS é idêntico ao do indicador GDS (stress do desenvolvimento de águas subterrâneas) nas áreas onde toda a captação de águas subterrâneas é a partir de águas subterrâneas renováveis. A Figura 1 mostra o padrão global do indicador de desenvolvimento de águas subterrâneas renováveis e zonas de esgotamento muito significativo de águas subterrâneas.

Mais de metade dos 37 maiores aquíferos da Terra estão a ser esgotados, de acordo com dados gravitacionais do sistema de satélites GRACE. De acordo com a American Geosciences, o declínio do nível das águas subterrâneas na América do Norte

foi registado em vários dos principais sistemas aquíferos (American Geoscience Institute, 2022). No Sul da Europa, também foram registados declínios nos níveis de água subterrânea, possivelmente devido a alterações no padrão de precipitação (Lobo Ferreira, Leitão e Oliveira, 2014). Isto afetará fortemente as taxas de recarga natural de águas subterrâneas.

Os Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica da União Europeia, nomeadamente os desenvolvidos para Portugal pelo LNEC, mostraram para o Sul da Europa que para alguns aquíferos a relação entre a recarga anual média atual e a esperada para 2071-2100 deverá ser inferior a 50% dos valores de recarga natural de hoje. O **declínio nos níveis de água subterrânea no Sul da Europa** deve-se à influência das alterações climáticas nas séries de precipitação e ao impacto de novas formas de precipitação mais persistentes. Isso pode levar a grandes inundações e, subsequentemente, a períodos de seca mais longos, mesmo que a precipitação anual mantenha valores médios semelhantes.

As condições climáticas, como a chuva, a temperatura e a humidade atmosférica, afetam os volumes de água utilizados pelas plantas na **evapotranspiração** e os transferidos para a recarga dos aquíferos. Em condições de alterações climáticas, os parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos tendem a ser modificados, impactando diretamente a evapotranspiração (que aumenta) e a recarga (que diminui). Não esquecendo que as alterações na cobertura vegetal podem afetar os volumes de evapotranspiração, o escoamento superficial, o teor de água no solo e, finalmente, a recarga dos aquíferos.

2.3 A Qualidade das Águas Subterrâneas e a Dispersão de Poluentes

Um material químico ou biológico torna-se um possível agente poluente das águas subterrâneas quando é introduzido no ambiente subterrâneo. Os materiais introduzidos à superfície, como fertilizantes agrícolas ou efluentes de tratamento de águas residuais no solo, são primeiro submetidos a percolação vertical através da zona não saturada do solo e só depois entram na zona saturada. Materiais de outras atividades podem ser introduzidos diretamente na zona saturada. Por exemplo, são mencionados os que provêm de poços ou furos profundos para rejeitar efluentes industriais. Uma vez incorporados no sistema subterrâneo, os materiais movem-se em suspensão ou dissolução, arrastados pelo fluxo.

A rede de fluxo influenciada pelas características hidrogeológicas regionais também pode ser afetada pela atividade humana, por exemplo exploração, recarga de aquíferos ou atividades de mineração a céu aberto. O grau de atenuação do efeito poluente dos materiais incluídos no sistema de água subterrânea após a entrada no ambiente subterrâneo depende do tipo de contaminante e do tipo de fluxo do aquífero. Os efeitos que atuam como mecanismos de retenção e atenuação da poluição podem ser divididos em efeitos **físicos, químicos e biológicos**.

A poluição das águas subterrâneas é uma séria ameaça a este recurso. A **recuperação da poluição não é fácil**, pois é difícil remover os poluentes, o que significa que eles se podem acumular.

2.4 Uma Perspetiva Regional sobre a Disponibilidade e o Controlo da Qualidade dos Recursos de Águas Subterrâneas

“Águas subterrâneas na Europa: tornar o invisível visível” foi o tema do Dia Mundial da Água em 22 de março de 2022. Isso forneceu uma visão geral do estado das águas subterrâneas na União Europeia (UE) (Figura 1). As águas subterrâneas armazenam quase um terço dos recursos globais de água doce e, nos 27 Estados-Membros da UE, fornecem 65% da água potável e 25% da água para irrigação agrícola.

De acordo com os segundos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica dos Estados-Membros (2016), 24% da área total da massa de água subterrânea tinha um **mau estado químico** e 9% um **mau estado quantitativo** na UE-27. Uma avaliação combinada do estado químico e do estado quantitativo mostra que 29% da área total da massa de água subterrânea não tem capacidade suficiente para satisfazer as necessidades dos ecossistemas e das pessoas, devido à deterioração da qualidade ou quantidade das águas subterrâneas.

Além disso, as águas subterrâneas estão sob crescente pressão da poluição, captação e das alterações climáticas. É provável que as pressões aumentem devido ao crescimento populacional e à procura de água num clima em mudança. Embora o quadro político ambiental da UE ajude a garantir a gestão sustentável dos recursos de águas subterrâneas e a preservar os ecossistemas naturais deles dependentes, a implementação das decisões comunitárias precisa de ser acelerada.

A Diretiva-Quadro da Água da União Europeia visa proteger as águas superficiais interiores, águas de transição, águas costeiras e águas subterrâneas. Também visa alcançar objetivos ambientais específicos através da implementação de programas de medidas especificadas nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica.

Na Ásia, os recursos de águas subterrâneas são cruciais, mas também uma fonte fiável de abastecimento de água (Carrard, Foster, & Willetts, 2019). A sobre-exploração de águas subterrâneas ocorre em muitas áreas da Ásia, como na Índia no estado de Gujarat, nas planícies do Norte da China e em algumas áreas do Paquistão, resultando em declínios do nível da água subterrânea, redução da produção de poços e furos e na **intrusão de água do mar em aquíferos costeiros**, além da subsidência da superfície terrestre e do movimento de águas poluídas para o aquífero. Em alguns casos, a sobre-exploração baixou o nível da água a uma profundidade tal que os poços existentes tiveram de ser descontinuados ou desmantelados. China, Índia, Japão, Maldivas, República da Coreia, Sri Lanka e Tailândia são alguns dos países que enfrentam problemas relacionados com a extração excessiva de águas subterrâneas regionais (Zaisheng & Hao, 2012).

Han Zaisheng e Wang Hao (do Serviço Geológico da China e da Universidade de Geociências da China) mencionam problemas relevantes de qualidade das águas subterrâneas na Ásia relacionados com o teor de sal (em regiões asiáticas áridas e semiáridas), a intrusão de água salgada em aquíferos costeiros, e altos níveis de **arsénico** em múltiplos aquíferos pouco profundos no Bangladesh e na China. O **fluoreto** é um constituinte comum das águas subterrâneas, sendo endêmico em algumas áreas da parte norte da China. As fontes naturais estão ligadas a vários tipos de rochas e à atividade vulcânica. As atividades agrícolas (uso de fertilizantes fosfatados) e industriais (argilas usadas em indústrias cerâmicas ou queima de carvão) também contribuem para altas concentrações de fluoreto nas águas subterrâneas. O abastecimento de água potável nessas regiões asiáticas afetadas por águas subterrâneas deve ser tratado com métodos apropriados. Altos teores de arsénico e fluoreto nas águas subterrâneas também são problemas relevantes em muitas outras regiões da Ásia, por exemplo, altos teores de fluoreto nas águas subterrâneas tornaram-se num problema ambiental importante na Índia, Paquistão, Vietname e Indonésia (Zaisheng & Hao, 2012).

As águas subterrâneas são amplamente consideradas como sendo uma fonte essencial de água potável em regiões de baixos rendimentos ou menos desenvolvidas. Portanto, desempenham um papel crítico na realização do **direito humano à água**. No entanto, a proporção de agregados familiares que utilizam águas subterrâneas, em comparação com outras fontes, raramente é quantificada com conjuntos de dados nacionais e globais mais focados nas instalações do que nos recursos

utilizados. Esta é uma lacuna de conhecimento significativa, particularmente considerando os esforços para expandir os serviços de água em linha com a agenda inclusiva e integrada dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Compreender a prevalência da dependência de águas subterrâneas para beber é fundamental para todos os envolvidos no planejamento e gestão de serviços de água, para que possam monitorizar e defender melhor a gestão dos recursos hídricos que apoiam serviços sustentáveis para os agregados familiares³ (Lobo Ferreira, J., Leitão, T., & Oliveira, M., 2014).

Novos desenvolvimentos na Ásia apoiam a ideia de que governos e agências de desenvolvimento devem fortalecer o envolvimento com a gestão dos recursos de águas subterrâneas como fundamental para alcançar serviços de água sustentáveis para todos, por exemplo o projeto “Mapeamento da Resiliência das Águas Subterrâneas às Alterações Climáticas e ao Desenvolvimento Humano em Cidades Asiáticas” que está a ser desenvolvido para avaliar o estado das águas subterrâneas nas principais cidades. (Groundwater Asia, 2022). O projeto visa melhorar a compreensão dos impactos das alterações climáticas e do desenvolvimento humano nos recursos de águas subterrâneas e na procura local. Além disso, abordará recomendações políticas para o desenvolvimento e gestão sustentável de águas subterrâneas para apoiar a adaptação e construir resiliência. Objetivos principais: desenvolver um quadro para a avaliação da resiliência das águas subterrâneas às alterações climáticas e ao desenvolvimento humano na mudança do ambiente urbano; avaliar o impacto das alterações climáticas e do desenvolvimento humano na recarga e qualidade das águas subterrâneas de quatro cidades asiáticas (Banguecoque na Tailândia, Ho Chi Min City no Vietname, Lahore no Paquistão e Catmandu no Nepal); mapear a resiliência das águas subterrâneas dessas quatro cidades asiáticas às alterações climáticas e ao desenvolvimento humano; e, desenvolver orientações baseadas em evidências sobre como as águas subterrâneas podem apoiar a adaptação e construir resiliência ao clima.

O BRGM de França avaliou globalmente os recursos de águas subterrâneas e os mapas quantitativos de África (cf. Figura 1). O volume total de águas subterrâneas em África é estimado em 0,66 milhões de km³ com um intervalo de incerteza entre 0,36 e 1,75 milhões de km³. No entanto, apenas uma parte limitada desse volume de águas subterrâneas está disponível para ser captado com base nas espessuras saturadas dos aquíferos e na porosidade.

As águas subterrâneas são um dos recursos naturais mais importantes da Austrália. São uma importante fonte de água para áreas urbanas, agricultura e indústria. São utilizadas em todo o país e, para muitas regiões, são a única fonte de água disponível para numerosas cidades, quintas e minas. O Mapa Hidrogeológico da Austrália (Jacobson & Lau, 2022) define as bacias sedimentares e as províncias de rocha fraturada que compõem as divisões hidrogeológicas regionais da Austrália. Essas províncias hidrogeológicas foram ainda classificadas em função de serem de rocha fraturada ou sedimentar, a distribuição dos aquíferos dentro da província e a produtividade do aquífero. A Grande Bacia Artesiana cobre um quinto do continente. Embora forneça uma visão nacional ampla dos principais recursos de águas subterrâneas da Austrália, a Figura 1 não mostra os muitos outros recursos cruciais de águas subterrâneas que ocorrem em áreas menores e são igualmente importantes para sustentar comunidades, a agricultura e a economia australiana.

A Figura 1 apresenta um mapa dos Recursos de Águas Subterrâneas da América do Norte (BGR-UNESCO, 2022). Para

3 cf. Guia Técnico 11, Lobo Ferreira et al. 2009 disponível em <https://www.ersar.pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/guias>

a América do Norte, as águas subterrâneas são uma fonte essencial de água potável e de irrigação. Nos Estados Unidos cerca de **60% de toda a água utilizada para irrigação provém de recursos de águas subterrâneas**. Esta dependência das águas subterrâneas, se não for bem gerida, pode trazer os seus riscos. Períodos mais longos de secas extremas, combinados com a crescente procura de água, podem levar à sobre-exploração e no final ao esgotamento dos aquíferos. Um exemplo recente e recorrente são as secas na Califórnia que afetam os aquíferos das Grandes Planícies e do Vale Central da Califórnia. A Natural Resources do Canada também trabalhou, em estreita colaboração com o U.S. Geological Survey e a comunidade internacional, para desenvolver os padrões de dados WaterML2 e as melhores práticas, incluindo o GroundwaterWML2 (Open Geospatial Consortium, 2022), combinado com a adoção de outros padrões de acesso a dados e tecnologias do Open Geospatial Consortium. Isso resultou num aumento da capacidade de recuperar dados de nível de água subterrânea da Groundwater Information Network ou da National Groundwater Monitoring Network dos Estados Unidos (Brodaric, Booth, Boisvert, & Lucido, 2016).

Os recursos de águas subterrâneas na América do Sul (Figura 1) têm sido abordados por muitos autores, por exemplo, por Rebouças (1999). A dependência das águas subterrâneas aumentou significativamente na América do Sul nos últimos 20 anos, em parte como resposta aos crescentes custos e outras restrições no armazenamento e tratamento de água superficial e em parte porque as vantagens económicas do uso de águas subterrâneas são agora mais bem compreendidas. No entanto, a água subterrânea retirada dos aquíferos é difícil de estimar porque a maioria provém de poços ou furos privados ou públicos não controlados.

A vulnerabilidade das águas subterrâneas à sobre-exploração e à degradação da qualidade da água não foi amplamente compreendida até recentemente. Além disso, a diferença entre a natureza das águas subterrâneas e das águas superficiais impede a transferência direta da experiência adquirida na gestão de rios e lagos transfronteiriços para a gestão das águas subterrâneas transfronteiriças.

2.5 Conclusões

O volume global de água doce líquida é estimado em 10,6 milhões de km³. Aproximadamente **99% deste volume consiste em águas subterrâneas** (Shiklomanov & Rodda, 2004). A captação de água doce de rios, lagos, albufeiras e reservatórios artificiais e dos aquíferos aumentou enormemente durante o século passado. Ainda está a crescer na maioria das partes do mundo. A taxa de aumento foi significativamente alta (cerca de 3% ao ano) durante 1950-1980, em parte devido a uma taxa de crescimento populacional mais alta e, de certa forma, ao rápido aumento do desenvolvimento das águas subterrâneas, particularmente para irrigação. A taxa de aumento atual é de aproximadamente 1% ao ano, em sintonia com a atual taxa de crescimento populacional.

As águas subterrâneas fornecem cerca de 25% de toda a água doce captada na Terra, mas a sua quota no consumo de água é muito maior, assim como os benefícios gerais que proporcionam. O Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento da Água das Nações Unidas 2022 (Águas subterrâneas: tomando o invisível visível) menciona que o total da captação global de águas subterrâneas durante 2017 foi estimado em 959 km³ (Nações Unidas, 2022).

As taxas de captação de águas subterrâneas estabilizaram mais ou menos nos Estados Unidos da América, na maioria dos países europeus e na China. A Ásia tem a maior quota na captação global de água doce (64,5%). É seguida pela América do

Norte (15,5%), Europa (7,1%), África (6,7%), América do Sul (5,4%) e Austrália e Oceânia (0,7%). A repartição da captação de águas subterrâneas por setor de uso da água mostra que **69% do volume total é captado para uso no setor agrícola**, 22% para usos domésticos e 9% para fins industriais. Estas percentagens variam entre os continentes.

Os aquíferos costeiros são um recurso crítico de água doce cuja qualidade diminuiu devido ao aumento das necessidades de água, uma consequência direta do desenvolvimento urbano, industrial e agrícola acelerado (Lobo Ferreira & Oliveira, 2004). A exploração intensiva e prolongada em captações muito próximas do mar, onde não há fonte de compensação para estas extrações por recarga natural ou gerida do aquífero, causa o avanço da interface de água doce-água salgada em direção aos poços e a sua subsequente contaminação.

À medida que a variabilidade e alguns impactos negativos das alterações climáticas estão a aumentar rapidamente, tanto em escala como em intensidade, torna-se importante promover a **“inovação na ação pela água”**, incorporando “soluções tecnológicas” permanentes e apropriadas para a hidrogeologia e as alterações climáticas. O objetivo é aumentar a disponibilidade de água para setores económicos críticos, melhorar a saúde e o bem-estar humanos e aumentar a sustentabilidade dos ecossistemas e da biodiversidade.

Uma dessas soluções é a promoção da **gestão da recarga de aquíferos (MAR)**, uma alternativa tecnicamente robusta, segura e sustentável. Neste contexto, a seleção do projeto MARSOL (Marsol, 2022) pelo Programa de Pesquisa Horizonte 2020 da Comissão Europeia deveu-se ao facto de MAR se ter tornado uma das melhores soluções técnicas para a gestão integrada e moderna dos Recursos Hídricos, visando mitigar os impactos negativos das Alterações Climáticas.

Estudos recentes do LNEC demonstraram a influência da distribuição de precipitação na recarga natural de águas subterrâneas. Os cenários de alterações climáticas apontam para um aumento do número de eventos extremos e para um agravamento destes eventos, mais e piores secas e inundações. Todas estas questões devem ser abordadas com maior detalhe, realizando estudos específicos em diferentes aquíferos nacionais para obter mais apoio para a futura tomada de decisões.

3. RELATOS DAS MESAS REDONDAS E DA SESSÃO ESPECIAL DO 14º SAS

3.1 Introdução

No âmbito da comemoração dos 30 anos do Seminário sobre Águas Subterrâneas foram programadas três Mesas Redondas e uma Sessão Especial. Os Relatos de Manuel Oliveira, Joel Zeferino, Rosário Carvalho e Susana Neto são apresentados em forma coloquial.

3.2 Mesa Redonda 1 – Três Décadas de SAS Moderador: João Paulo Lobo Ferreira (CG APRH/ CC 14.º SAS). Relator: Manuel Oliveira (LNEC). Oradores: Delgado Rodrigues (LNEC), Carla Lourenço (DGEG), Costa Almeida (FCUL), José Manuel Marques (IST), Manuel Abrunhosa (AIH-GP/APRH-CEAS), Teresa E. Leitão (LNEC).

JP Lobo Ferreira abriu a mesa redonda referindo os seus objetivos, estimulando a participação das pessoas, o passado que é enriquecedor do nosso presente, e referindo a família de águas subterrâneas.

Costa Almeida referiu que há 20 anos que está afastado destas lides e falou sobre os antecedentes da hidrogeologia em Portugal, referindo que os romanos eram engenheiros fantásticos e que a hidrogeologia em Portugal como ciência começa relativamente tarde, com o abastecimento de água a Lisboa a partir do aqueduto das águas livres com o objetivo de alimentar chafarizes e cavalariças. Depois destacou as nascentes de maciços calcários como origens de água, primeiro referindo o grande salto que se deu com a captação da nascente do Alviela e construção de um aqueduto de 120 km, e depois a construção das nascentes de Ota e Alenquer. Referiu ainda a captação de outras nascentes cársicas, por exemplo em Pombal. Referiu que os aquíferos cársicos são mal explorados, pois são muito sujeitos a contaminação e as pessoas optam por abandoná-los e procurar outro tipo de captações. Exemplificou que o conhecimento da hidrogeologia não se faz sem captações pois são elas que permitem a análise dos logs. Finalmente referiu que nos anos 40-50 [N.R. do século passado] e sobretudo nos anos 60, se deu o desenvolvimento das captações, tendo a primeira captação sido realizada nos anos 30.

Delgado Rodrigues, na altura sem saber nada de hidrogeologia, foi abordado para desenvolver um estudo hidrogeológico para a EDP para explorar as lignites de Rio Maior, que ocorriam num aquífero muito pequeno livre a semi-confinado. A exploração das lignites nas zonas mais profundas obrigava a rebaixar os níveis piezométricos. Sem conhecimentos de hidrogeologia teve a sorte de aparecer um colega americano no LNEC que lecionou um curso de hidrogeologia durante duas semanas, de que tirou o máximo proveito, seguido de muito estudo de livros técnicos, tornando-se assim um hidrogeólogo. Como resultado pode programar um conjunto de ensaios de bombagem para estudar aquele aquífero, que o colega Lobo Ferreira pode mais tarde aproveitar para desenvolver a sua tese de doutoramento. Este trabalho permitiu o desenvolvimento de estudos muito minuciosos e importantes e detetar, pela primeira vez em Portugal, o efeito de Noordbergum.

Teresa Leitão apresentou uma panorâmica dos 30 anos de Seminários sobre Águas Subterrâneas, referindo que nos primeiros anos os seminários tinham títulos específicos passando a partir de 1997 a designar-se apenas como Seminários sobre Águas Subterrâneas. Os primeiros encontros tiveram lugar no LNEC, sendo posteriormente realizados noutros locais da cidade de Lisboa e em diversas cidades do país, como Évora, Porto e Coimbra. Foi feita uma análise das temáticas abordadas, disponíveis a partir do quinto seminário. Verifica-se que muitos temas se mantiveram constantes ao longo das várias edições. No entanto, é possível identificar, ao longo do tempo, a introdução de novas abordagens e áreas de interesse. Por exemplo, no sexto seminário (2003), surgiram temas até então inéditos, como a hidrogeologia urbana, a economia da água e os aspetos legislativos. Em 2007, foram introduzidos os estudos de avaliação de impacto ambiental e a interação entre águas superficiais e subterrâneas. Posteriormente, abordaram-se também temas como alterações climáticas, reabilitação de aquíferos, entre outros, refletindo a evolução do conhecimento e das preocupações emergentes na área das águas subterrâneas.

José Manuel Marques referiu que tinha entrado para a CEAS em 2003, a convite do Luís Ribeiro, com o objetivo de introduzir os recursos hidrominerais, sua área de investigação na CEAS. Organizou vários seminários, sendo em 2011 o presidente da Comissão Organizadora. O paradigma das temáticas foi mudando ao longo do tempo e em 2011 já se falava em alterações climáticas, proteção de aquíferos, relação com ecossistemas e ecohidrogeologia. Paralelamente destacou a realização de fins-de-semana técnico-termais, o primeiro realizado pelo Prof. Portugal Ferreira, em São Pedro do Sul, e os seguintes, que foram repostos mais tarde no tempo. O objetivo era chamar a atenção das pessoas das águas subterrâneas e não só para um recurso potencial no nosso país, a nível europeu o segundo país com mais águas minerais, mas também

para o ambiente que rodeia esse contexto, fora dos centros urbanos, e que promovem a saúde e o bem-estar. Referiu que se realizaram mais três fins de semana técnico-termais: Chaves, Termas de Monfortinho, e Caldas de Manteigas, e que o formato era o seguinte: chegada sexta-feira, jantar temático onde havia uma conferência temática de alguém ligado às termas, sábado de manhã com sessões técnicas, à tarde visita turística local ou regional, jantar, e no domingo de manhã tratamentos ou banhos termais.

Carla Lourenço referiu que é necessário constituir uma nova abordagem integrada no conhecimento das águas minerais naturais (AMN), com a conjugação de fatores hidrobiogeoquímicos. Referiu também que é necessário ir além do conceito de qualidade e monitorização das AMN, efetuado a partir do controlo dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos prejudiciais, devendo cada AMN ser encarada como um ecossistema onde intervêm não só os processos de interação água-rocha, mas também os relacionados com a interação destes com o microbismo natural de cada água.

Manuel Abrunhosa referiu a sua longa experiência profissional, de quase 50 anos, em águas subterrâneas. Chamou a atenção para o número de hidrogeólogos que trabalhavam nessa altura (1976) nas instituições da administração pública em contraste com o número atual, referindo que era uma grande diferença. O que se fazia na altura era consequência de uma geração ou duas que já vinha de trás, desde os anos 40 com os abastecimentos públicos de pequenos e grandes aglomerados baseados em águas subterrâneas. Colocou outra questão: mais tarde, o que aconteceu às centenas ou milhares de captações de águas subterrâneas realizadas em resultado de estudos hidrogeológicos por todo o país e que forneceu água a todos os aglomerados populacionais com mais de 500 habitantes. Relacionou o abandono posterior quase sistemático dessas origens com o aparecimento dos incêndios, pois a população era a gestora do território; as áreas de proteção ajudavam a proteger o ambiente. Levantou outro ponto, relativo aos seminários, quando em 2017 a AIH-GP que representava mais de 4000 associados em todo o mundo propôs associar-se a colaborar com a CEAS na realização destes seminários, tendo resultado uma sinergia e uma mais-valia com novos temas para os seminários.

Seguiu-se a intervenção da assistência, que colocou algumas questões importantes e uma segunda volta pelos membros da mesa redonda que responderam e abordaram outros assuntos importantes.

3.3 Mesa Redonda 2 – Estado da Arte das Águas Subterrâneas em Portugal: Visão Integrada

Moderadora: Maria do Rosário Carvalho (FCUL). Relator: Joel Zeferino (FC/UL). Oradores: António Chambel (Univ. Évora), Costa Almeida (FCUL), José Manuel Azevedo (Univ. Coimbra), Manuel Oliveira (LNEC), Teresa Melo (IST).

A moderadora destacou que, desde 2000 (ano em que foi realizada a definição dos aquíferos no âmbito da Diretiva-Quadro da Água) não se registou a identificação ou delimitação de novos sistemas aquíferos, o que evidencia a necessidade de revisão e atualização da cartografia existente. Sublinhou, igualmente, o desinvestimento na hidrogeologia e a consequente redução da empregabilidade no setor, fatores que poderão estar a desincentivar as novas gerações a enveredar por esta área científica.

Carlos Costa Almeida (FC-UL): O orador identificou como um dos principais entraves da hidrogeologia a reiterada utilização de dados desatualizados, sem que se verifiquem avanços significativos no conhecimento. Reforçou, por isso, a urgência de rever os sistemas existentes e de ampliar a recolha de dados. Relativamente à modelação, salientou o seu valor enquanto ferramenta de aprendizagem, mas destacou as dificuldades associadas à representação rigorosa de variáveis complexas,

como a recarga e a geometria dos aquíferos. Criticou ainda o uso de termo 'massa de água subterrânea' em substituição de 'sistema aquífero'. Por último, destacou que em Portugal os aquíferos fraturados têm recebido menor atenção científica, embora sejam mais complexos e difíceis de delimitar.

Manuel Mendes Oliveira (LNEC): O orador abordou os múltiplos desafios da modelação numérica, desde a complexidade técnica associada à implementação das condições de fronteira até às limitações dos cálculos numéricos, que frequentemente originam erros e dificuldades de convergência. Identificou como principal obstáculo o desconhecimento das características locais, em especial a ausência de dados fiáveis sobre os caudais efetivamente extraídos dos sistemas aquíferos. Sublinhou ainda que a interpretação de um modelo conceptual pode variar de forma significativa entre hidrogeólogos, evidenciando a subjetividade inerente a este processo. O orador sugeriu o desenvolvimento de modelos numéricos para os principais aquíferos portugueses, no entanto, não deixando de criticar a prática recorrente de se solicitar exercícios de modelação em aquíferos sem dados, o que obriga à adoção de pressupostos artificiais quanto à sua caracterização.

José Manuel Azevedo (Universidade de Coimbra): O orador destacou que, para ensinar hidrogeologia ou qualquer outra ciência, não basta o conhecimento técnico, são igualmente necessárias competências cívicas e interpessoais. Defendeu que o ensino da disciplina deve começar mais cedo, antes do nível universitário, e ser ampliado para além da academia, envolvendo também os municípios e centros de investigação. Mostrou-se preocupado com o crescente 'gap' geracional (visível na sala e na própria área científica) mas manteve uma perspetiva otimista quanto à renovação do ensino. Por último, reforçou que a componente legislativa deve ser integrada na formação e programas da disciplina Hidrogeologia e que as águas subterrâneas não devem ser encaradas unicamente como um recurso, mas também na sua dimensão ambiental.

António Chambel (Universidade de Évora): O orador relatou a sua participação em diversas conferências e eventos internacionais, onde constatou o reduzido interesse dedicado às águas subterrâneas, em contraste com a predominância das discussões sobre recursos hídricos superficiais. A exemplo, referiu que apenas a contaminação de aquíferos por nitratos é pontualmente abordada e que na iniciativa UNWATERS, na qual 230 cientistas identificaram 23 problemas não resolvidos em hidrologia, nenhuma questão relacionada diretamente com águas subterrâneas foi incluída nos tópicos finais de debate. Enfatizou, por isso, a necessidade urgente de integrar as águas subterrâneas nos esquemas internacionais de gestão e debate. Sublinhou ainda a importância de proceder a uma 'limpeza' na rede de monitorização da Agência Portuguesa do Ambiente, com vista à sua reorganização e reconstrução, de forma a torná-la mais eficiente e funcional.

Teresa Melo (IST-UL): A oradora traçou uma visão abrangente sobre a evolução do estudo dos recursos hídricos subterrâneos, observando um aumento no número de publicações científicas em áreas como sustentabilidade, contaminação e climatologia. Destacou ainda a necessidade de incorporar componentes sociológicas em qualquer projeto relacionado com recursos hídricos. Abordou também a crescente aplicabilidade da aprendizagem automática em hidrogeologia, sublinhando a importância do conhecimento técnico no pré-processamento e na interpretação de dados destes modelos. Criticou a escassa presença destes dois últimos procedimentos na literatura atual e destacou que, em trabalhos relacionados com contaminação aquífera, se utiliza predominantemente dados (não suficientes) de monitorização. Para concluir, a oradora fez uma menção especial ao Professor Luís Ribeiro, destacando o seu contributo significativo na área científica.

Durante a sessão de perguntas e comentários da audiência, foram levantadas diversas questões relevantes para a prática e investigação em hidrogeologia. Destacou-se que, em muitos casos, teses de doutoramento e outros trabalhos

científicos permanecem arquivados após a sua conclusão, sem gerar avanços efetivos no conhecimento. Estes poderiam ser aproveitados, aprofundados ou melhorados por novos investigadores. Foi também mencionada a crescente aplicação da aprendizagem automática, considerada por alguns membros como capaz de ultrapassar de imediato os modelos numéricos tradicionais, embora esta visão tenha sido contestada por outros participantes. Um ponto adicional abordado foi a disponibilidade de dados. Ao contrário do que frequentemente se afirma, existem muitos dados disponíveis, mas grande parte são propriedade intelectual de empresas, não estando acessíveis ao ensino ou à investigação académica. Relativamente à gestão territorial, foi sugerido um maior foco no sistema aquífero da Margem Esquerda do Tejo, considerando as suas especificidades hidrogeológicas e importância. Por fim, os intervenientes sublinharam a existência de desinvestimento e a ausência de uma estratégia governamental consolidada no setor das águas subterrâneas, fatores que comprometem a eficácia de projetos e programas de investigação.

3.4 Mesa Redonda 3 – O Futuro e os seus Desafios (Ensino, Investigação, Empresas e Internacionalização). Moderadora: Carina Almeida (CD APRH Univ. Lusófona). Relatora: Maria do Rosário Carvalho (FCUL). Oradores: Alexandra Brito (CAP), Bruno Casal (Geoworks/ Sondagens Casal), Cristina Costa (APIAM), Daniela Ducci (IAH-Italia), João Nascimento (Waterways), Luís Seabra (AARibatejo), Paula Mendes (IST).

A moderadora abriu a Mesa Redonda 3, sobre o futuro do ensino e investigação em águas subterrâneas e os seus desafios (Ensino, Investigação, Empresas e Internacionalização), contando com a participação de representantes de entidades agrícolas, científicas, empresariais e académicas. A Mesa Redonda teve como objetivo refletir sobre os desafios e oportunidades relacionados com a utilização das águas subterrâneas em Portugal, bem como analisar a sua relevância para a agricultura, a indústria, a investigação e o impacto das alterações climáticas.

Alexandra Brito, da Confederação dos Agricultores de Portugal, destacou que a agricultura é responsável por cerca de 70% do uso de águas subterrâneas, sendo frequentemente acusada de ser o maior consumidor e contaminador. Sublinhou, contudo, que o setor tem evoluído significativamente, adotando equipamentos mais eficientes e produtos mais seguros, com menores riscos de lixiviação, além de investir na renovação de infraestruturas, reduzindo perdas e promovendo maior rotatividade no uso do solo e da água. Realçou ainda as melhorias nas práticas pecuárias e identificou como principais fragilidades a monitorização insuficiente dos aquíferos, a ausência de registos fiáveis de volumes captados e a excessiva burocracia e custos do licenciamento. Defendeu, por isso, a necessidade de apoiar e capacitar os agricultores para que tenham acesso a tecnologias que lhes permitam uma utilização mais eficiente da água.

Seguidamente, **Bruno Casal**, da *Geoworks* e Sondagens Casal, salientou que, embora 30% da água utilizada a nível mundial seja subterrânea, este setor não tem sabido valorizar-se perante a sociedade. Identificou como grande desafio a melhoria da imagem pública e defendeu a necessidade de maior proximidade entre utilizadores, comunidade científica, técnicos e entidades reguladoras, de modo a promover a partilha de informação e a construção de uma visão comum.

Cristina Costa, representante da APIAM, abordou o papel da indústria das águas engarrafadas no desenvolvimento socioeconómico regional. Sublinhou a relevância destes produtos em contextos de emergência, no ambiente hospitalar e em viagens, destacando também o esforço contínuo do setor na adoção de boas práticas ambientais, na otimização das embalagens e na promoção da economia circular.

Daniela Ducci, da Universidade de Nápoles, apresentou os resultados de estudos sobre o balanço hidrológico e os efeitos das alterações climáticas na recarga dos aquíferos. Referiu o modelo BIGBANG, desenvolvido pelo Instituto Italiano para a Proteção Ambiental, que permite simular cenários regionais. Os estudos evidenciam uma redução constante da recarga, tanto em qualidade como em quantidade, com particular risco nos aquíferos costeiros devido à intrusão salina. Enfatizou que a proteção da água requer conhecimento aprofundado, monitorização rigorosa e exploração sustentável dos recursos.

João Nascimento, consultor e cofundador da *Waterways*, partilhou a experiência desta empresa *spin-off* do Instituto Superior Técnico. Destacou a importância da combinação entre ensino, investigação e internacionalização para responder com maior agilidade aos desafios do setor e reduzir custos. Relatou projetos desenvolvidos em países como Timor, que tiveram impacto direto no abastecimento urbano, defendendo a internacionalização como caminho fundamental para o futuro das empresas do setor.

O presidente da Associação de Agricultores, **Luís Seabra**, recordou a importância histórica da introdução dos sistemas de rega gota a gota, há mais de 40 anos, e alertou para o subaproveitamento das águas superficiais em Portugal, que representam apenas 10% do consumo, apesar da abundância relativa de recursos face a outros países como a Espanha. Questionou o papel da Agência Portuguesa do Ambiente, referindo falta de partilha de informação e dificuldades no processo de licenciamento, e defendeu uma maior utilização de tecnologias de monitorização, como drones e satélites.

Por fim, a investigadora **Paula Mendes**, do CERENA, apresentou uma análise bibliométrica sobre publicações recentes na área das águas subterrâneas, destacando que os países asiáticos, em particular a China, têm produzido o maior número de artigos. Entre as palavras-chave mais recorrentes, salientou termos relacionados com qualidade da água, contaminantes como nitratos e arsénio, e processos como adsorção. Identificou tendências emergentes, como a aplicação de técnicas de *Machine Learning* e o estudo da descarga submarina de água subterrânea, sublinhando a necessidade de reforçar os estudos sobre qualidade da água, química dos solos e impactos das alterações climáticas.

A reunião prosseguiu com uma sessão de discussão aberta entre os participantes. Carina Almeida levantou a questão da perceção pública da agricultura, frequentemente apontada como responsável pela contaminação e pelo consumo excessivo de água, apesar de ser um setor essencial para a sociedade. Trouxe o exemplo de um agricultor que cultiva milho amarelo e utiliza medidores do nível freático, promovendo a infiltração e possibilitando a recarga quase imediata dos aquíferos após a rega. Sublinhou que, ao recorrer à água já fertilizada por adições antigas, levantam-se dúvidas sobre se se trata de um problema ou de uma solução. Questionou ainda o que está a falhar na investigação e no ensino para apoiar melhor a agricultura.

Em resposta, Alexandra Brito salientou conhecer o agricultor referido e reconheceu a importância de transmitir o seu exemplo a outros profissionais do setor. Defendeu uma maior aproximação entre a investigação e os agricultores, com a ciência a ser feita no terreno e direcionada para os seus destinatários. Considerou fundamental a criação de campos experimentais para testar metodologias e práticas inovadoras, apontando como obstáculo a excessiva complexidade burocrática. Realçou também que ainda existe grande desconhecimento, tanto quantitativo como qualitativo, em áreas sensíveis como as zonas vulneráveis, muitas vezes delimitadas sem informação rigorosa sobre as verdadeiras fontes de contaminação. Lamentou, por fim, a ausência de resposta da APA à proposta da CAP para inventariar as captações existentes.

Luís Seabra reforçou a ideia de que o problema central reside na desinformação. Referiu que muitos agricultores não confiam nos dados relativos às zonas vulneráveis e criticou a distância entre o ensino agrícola e a realidade prática, exemplificando com a dificuldade de estagiários em compreender unidades básicas como metros cúbicos.

Na sua intervenção, João Nascimento destacou que a evolução tecnológica tem permitido uma gestão cada vez mais eficiente da água, melhorando a relação entre custos e área cultivada. Considerou existir hoje uma maior proximidade entre técnicos e agricultores, bem como um respeito crescente pelo esforço do setor em adotar práticas de gestão sustentável.

Ana Paula lembrou que a legislação europeia obriga ao envolvimento das partes interessadas na definição de políticas ambientais, o que reforça a necessidade de diálogo entre reguladores, investigadores e utilizadores.

Bruno Casal acrescentou que os desafios sentidos pela agricultura são partilhados por outros setores. Reconheceu que, muitas vezes, é fácil culpar as autoridades, mas sublinhou que as dificuldades também derivam da complexidade técnica e institucional. Considerou preocupante a distância entre o conhecimento científico existente e a sua aplicação prática nas empresas, defendendo uma maior articulação entre os diferentes atores para apoiar a tutela nas suas orientações estratégicas.

Cristina Costa encerrou a ronda de contributos salientando a importância de tornar o conhecimento técnico acessível a todos os intervenientes. Realçou que a proteção das águas subterrâneas depende de um melhor conhecimento das zonas de recarga e da sua preservação. Defendeu ainda a exploração de sinergias entre diferentes setores e práticas, de forma a assegurar uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

Em síntese, a reunião permitiu constatar que a agricultura tem registado avanços relevantes na eficiência do uso da água, embora permaneçam desafios importantes no que respeita à monitorização e ao licenciamento. Foi igualmente reconhecida a importância de reforçar a comunicação e a imagem pública do setor das águas subterrâneas, promover práticas mais sustentáveis na agricultura e na indústria, melhorar a monitorização e regulação das captações e intensificar a cooperação entre ciência, políticas públicas e utilizadores. As alterações climáticas foram unanimemente identificadas como uma ameaça crescente, exigindo respostas sustentadas e coordenadas. A internacionalização, tanto de empresas como da investigação, foi apontada como um caminho estratégico para o futuro.

Durante a intervenção da assistência, João Paulo Lobo Ferreira destacou que a verdadeira inovação consiste em colocar a investigação no terreno, em estreita ligação com a prática agrícola.

Manuel Abrunhosa fez uma breve intervenção, seguida de Teresa Melo, que considerou fundamental unir esforços entre todos os atores, dado que os objetivos são comuns. Sublinhou que a agricultura, apesar dos avanços notáveis na eficiência e quantidade de uso da água, ainda enfrenta problemas relevantes de qualidade, que devem ser trabalhados em conjunto e comunicados de forma clara. Alertou também para riscos futuros, como a salinização dos solos, e reforçou a importância de ações de sensibilização dirigidas aos agricultores, não apenas em prol da sustentabilidade ambiental, mas também da própria viabilidade da agricultura.

Por fim, Stephen Thomas interveio para partilhar a experiência do Reino Unido, referindo que, perante os riscos identificados, o governo transferiu a responsabilidade para a indústria, que respondeu com soluções inovadoras e eficazes.

3.5 Sessão Temática Especial- O Futuro e os seus Desafios: O Contributo da Administração Pública

Moderador: Manuel Abrunhosa (APRH/CEAS e AIH-GP). **Relatora:** Susana Neto. **Oradores:** André Matoso (APA Alentejo), Edite Reis (ARH Algarve), Normando Ramos (ARH Norte), Paula Garcia (ARH Centro), Poças Martins (CNA), Simone Pio (AgdA).

A Mesa foi aberta pelo Moderador (MA) que apresentou os objetivos desta STE e realçou o papel essencial da AP na gestão das águas subterrâneas e visão globalizada dos RH.

A sessão teve como foco central a gestão dos recursos hídricos em Portugal, com destaque para os desafios enfrentados pelas diferentes regiões do país no uso e preservação das águas subterrâneas.

Tema: Estratégia Nacional de Água

Poças Martins referiu a importância do contexto nacional e acontecimentos relevantes, a posição dos cidadãos e o facto de que a água é uma questão política. Falou das suas responsabilidades políticas no passado, em termos pessoais. Referiu falhas nos trabalhos e responsabilidades quanto às águas subterrâneas, mencionando a existência de “vários Alquevas” debaixo dos nossos pés, desaproveitados no país.

Falou da importância de se saber que recursos subterrâneos são utilizados no abastecimento público como 1º uso da água, referindo uma ‘falta de foco’. Disse que nos anos 90 não houve segurança a 100% e as barragens eram a alternativa mais segura; referiu os empreendimentos levados a cabo nas Águas de Douro Norte, com barragens e albufeiras de grande capacidade e as águas do Algarve com a implantação do Sistema de Fins Múltiplos.

Foi debatida a necessidade de uma estratégia unificada para o uso da água, com críticas à construção de barragens e transvases para abastecimento público, considerados ineficazes e geradores de falsa segurança. A preferência recai sobre o uso desses empreendimentos para fins agrícolas e industriais, reforçando a segurança alimentar nacional.

Tema: Região do Algarve

Edite Reis apresentou um panorama das águas subterrâneas no Algarve, destacando:

- A exploração intensiva e a salinização dos aquíferos.
- A origem subterrânea (54%) do consumo anual de 237 hm³.
- A necessidade de reforçar a recarga dos aquíferos devido à diminuição da precipitação.
- A importância das redes de monitorização piezométricas e hidrométricas, com dados acumulados há mais de 30 anos.

Tema: Região Norte

Normando Ramos abordou a situação no norte do país, evidenciando:

- A escassez de água e os problemas de qualidade nas bacias do Ave e Cávado.
- A impermeabilização dos solos e os desafios urbanísticos.
- A urgência de melhorar a eficiência no uso da água e envolver academia, utilizadores e autoridades na gestão das captações.

Tema: Região do Alentejo

Simone Pio apresentou a atuação das Águas do Alentejo, destacando:

- A importância de uma gestão holística e resiliente.
- Os desafios técnicos e financeiros enfrentados pelas entidades gestoras.
- A necessidade de plataformas integradas para partilha de dados e melhor tomada de decisão.

Tema: Região Centro

Paula Garcia relatou que:

- As extrações de água subterrânea superam as disponibilidades em várias massas de água.
- Há pressões significativas e estudos de qualidade insuficientes.
- As águas subterrâneas devem ser vistas como reservas estratégicas em tempos de escassez.

Painel Final

Manuel Abrunhosa conduziu o painel final, reconhecendo o papel essencial dos técnicos no terreno e defendendo o reforço da atuação regional com apoio da academia. A sessão contou ainda com a presença de patrocinadores e representantes da indústria extrativa.

Da audiência, João Paulo Lobo Ferreira destacou a importância de articular o conhecimento académico com a decisão política, visando uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

Referências Bibliográficas

Brodaric, B., Booth, N., Boisvert, E., & Lucido, J. (2016). Groundwater data network interoperability. *Journal of Hydroinformatics* 18 (2), 210–225. Retrieved from <https://doi.org/10.2166/hydro.2015.242>.

BRGM (2022). Retrieved from BRGM, the French geological survey: <https://www.brgm.fr/en/reference-completedproject/hydrogeological-map-africa>.

Jacobson, G., & Lau, J. (2022, November). Jacobson, G., & Lau, J. (2022, November 13). Australian Government. Geoscience Australia. Retrieved from <https://ecat.ga.gov.au/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/15629>

Carrard, N., Foster, T., & Willetts, J. (2019). Groundwater as a Source of Drinking Water in Southeast Asia and the Pacific: A Multi-Country Review of Current Reliance and Resource Concerns. *Water*, 11, 1605. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/w11081605>

I. Shiklomanov, J. Rodda 2004, World water resources at the beginning of the twenty-first century, Published 1 December 2004, Environmental Science, Geography. <https://www.semanticscholar.org/paper/World-water-resources-at-the-beginning-of-the-Shiklomanov-Rodda/9acf5f80ce64b2a885815036206b880eb3543004>

Carrard, N., Foster, T., & Willetts, J. (2019). Groundwater as a Source of Drinking Water in Southeast Asia and the Pacific: A Multi-Country Review of Current Reliance and Resource Concerns. *Water*, 11, 1605. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/w11081605>

Zaisheng, H., & Hao, W. (2012, 8 14). China Geological Survey. Groundwater resources in Asia - Problem and Challenge. Retrieved from https://en.cgs.gov.cn/achievements/201601/t20160112_35416.html

ESCAP Nações Unidas, 2018 ESCAP United Nations. (2018). Environment and Development Series 2018: Harnessing environmental action for sustainable development in Asia and the Pacific. Bangkok: United Nations publication.

Foster, S., & Loucks, D. (2006). Non-renewable groundwater resources : a guidebook on socially sustainable management for water-policy makers. Paris: UNESCO. Retrieved from <https://www.ircwash.org/resources/non-renewable-groundwater-resourcesguidebook-socially-sustainable-management-water-policy>. American Geoscience Institute, 2022

Groundwater Asia, 2022 <https://www.groundwaterasia.org/>

Groundwater: Making the invisible visible. Paris: UNESCO. World Water Day theme for 22 March 2022

Llamas & Martínez-Santos, 2005 Llamas, M., & Martínez-Santos, P. (2005). Intensive Groundwater use: a silent revolution that cannot be ignored OK. In IWA, Water Science and Technology Series, Vol. 51, No. 8, (pp. 167-74). London: IWA Publishing.

Lobo Ferreira, J., & Oliveira, M. (2004). Groundwater vulnerability assessment in Portugal. *Geofísica Internacional*, Vol. 43, Num. 4, 541-550.

Lobo Ferreira, J., Leitão, T., & Oliveira, M. (2014). Portugal's river basin management plans: groundwater innovative methodologies, diagnosis, and objectives. *Environ Earth Sci*. Retrieved from <http://repositorio.Inec.pt:8080/xmlui/handle/123456789/1006457>

Marsol, 2022 - <https://www.marsolut-itn.eu/>

Nações Unidas, 2022 - United Nations. (2022). The United Nations World Water Development Report 2022:

Open Geospatial Consortium. (2022, December 12). OGC WaterML. Retrieved from <https://www.ogc.org/standards/waterml>

Programa UNESCO-IAHP ISARM, 2009. Report on the Internationally-shared Aquifer Resources Management (ISARM) IHP/IC/XV/Inf.22 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000126083>

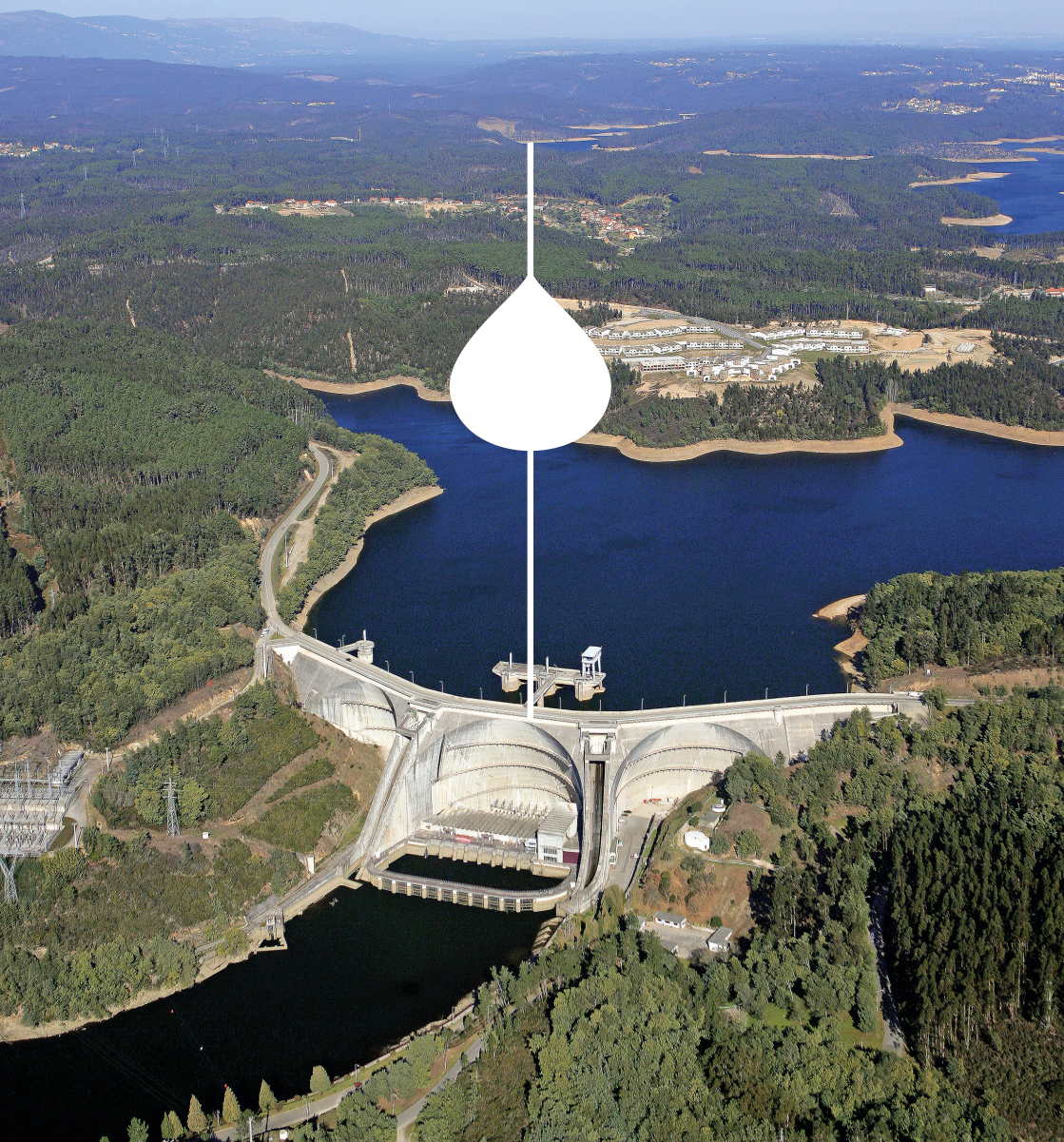
Rebouças, A. (1999). Groundwater resources in South America. 232-237. Retrieved from <https://repositorio.usp.br/directbitstream/25319911-6bf2-4bcb-b1de-bdc495052dfa/>

Siebert, S., Burke, J., Faures, J., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P., & Portmann, F. (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1863– 1880. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>

WHO/UNICEF. (2020, December 14). Almost 2 billion people depend on health care facilities without basic water services. UNICEF Press Release. Retrieved from <https://www.unicef.org/press-releases/almost-2-billion-people-depend-health-carefacilities-without-basic-water-services>

CAPÍTULO 4

ÁGUA E ENERGIA



ÁGUA E ENERGIA: QUE FUTURO?

Dídia Covas¹, Francisco Piqueiro², Helena Ramos³, Joana Carneiro⁴ e Miguel Costa⁵

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

² Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

³ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁴ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁵ Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Enquadramento

Um recurso, enquanto algo não é intocável, é por definição para ser usado, estando dependente da natureza de quem o usa. No caso dos recursos hídricos, o respetivo uso por parte do Homem está dependente de vários aspetos, nomeadamente: das características morfológicas e hidrometeorológicas; das características culturais e históricas; da evolução demográfica e o seu papel na alteração da pressão sobre o uso, no tempo e no espaço; dos diferentes objetivos em face ao valor do uso do recurso; e modo de exploração do mesmo.

Ao longo da história, a evolução e desenvolvimento civilizacional encontra-se relacionada com o modo como o Homem foi adotando e moldando o uso dos recursos hídricos, nomeadamente dos rios. As primeiras civilizações, como as do antigo Egito e da Mesopotâmia (Kornfield, 2009; Harari, 2015), viam nos rios a base da economia e vida, aproveitando as suas características para a produção agrícola, consumo, higiene e transporte. Ao longo do tempo, o avanço civilizacional culminou também no desenvolvimento de intervenções físicas de modo a usar os rios para novos fins, como o uso do recurso como fonte de força (e.g., moagem) e para produção de energia. Assim, constata-se que o binómio água-energia (i.e., desde o uso da força da água para facilitar atividades essenciais, bem como para produção de energia) foi crucial e vital para o desenvolvimento das sociedades.

Nos dias de hoje, a interdependência entre água e energia, também designada por binómio ou *nexus* água-energia, é largamente reconhecida, sendo, contudo, necessário referir e salientar que a mesma não se remete apenas à componente de produção de hidroeletricidade. Dada a evolução no uso dos recursos hídricos, bem como o aumento das situações de seca e escassez, a gestão sustentável destes recursos obriga, em alguns casos, a uma necessidade de se considerar o estudo e uso de novas origens de águas alternativas e métodos de tratamento alternativos, para os quais se torna necessário garantir a energia necessária para a implementação de tais soluções. Adicionalmente, o *nexus* água-energia assume também relevo extensível na operação de sistemas e infraestruturas já existentes.

Por outro lado, a gestão sustentável da água deverá ter também em consideração a importância estratégica do seu uso para a produção de energia, sendo de destacar o papel da hidroeletricidade.

Ao nível da União Europeia, estudos recentes (Quaranta et. al., 2023a; 2023b) apontam e reforçam a importância do *nexus* água-energia em três setores da água, enquanto contributo para os desafios proeminentes, importantes e intrinsecamente interligados que a União Europeia (UE) enfrenta, como sejam a transição energética, a transição digital e a neutralidade carbónica.

São três os setores onde o *nexus* água-energia assume especial relevância. O primeiro é o sector do abastecimento de água potável. Atualmente, as concessionárias destes sistemas respondem por 5% do consumo de eletricidade da UE, dos quais 30-50% do consumo de eletricidade é efetuado por autoridades locais. De salientar ainda que as perdas reais, particularmente relevantes nas redes de distribuição, correspondem, em média, a 23% do volume total água fornecida aos sistemas, estando-lhes inerentemente associado um consumo de eletricidade para o tratamento e bombeamento.

O segundo sector é de drenagem de águas residuais. O tratamento e descarga de águas residuais na UE é responsável pela emissão de 27 milhões de toneladas de CO₂. Os sistemas unitários de drenagem de águas residuais ainda representam cerca de 50% destas infraestruturas na UE, sendo que, em situação de cheia, se traduz numa descarga de águas residuais de 5700 Mm³ por ano (valor médio dos últimos 30 anos).

O terceiro sector é o hidroelétrico que, juntamente com outras energias renováveis, representa 26-40% da produção global de eletricidade.

Nas secções seguintes revisitam-se alguns aspetos considerados mais emergentes no *nexus* água-energia para cada um dos setores referidos, nomeadamente: digitalização do setor da água; neutralidade carbónica; gestão inteligente dos sistemas; transição energética, ao nível da otimização e gestão, desenvolvimento de novas tecnologias para produção e recuperação energia em infraestruturas existentes; e produção em menor escala através de mini e micro-hídricas.

Digitalização do setor da água

Os benefícios económicos associados à implementação de soluções avançadas de monitorização e digitalização dos sistemas de distribuição de água potável e de gestão de águas residuais e das instalações hidroelétricas são apresentados nos Quadros 1-3 (Quaranta et. al, 2023).

O maior benefício da digitalização está associado aos sistemas de distribuição de água (Quadro 1), no qual a perda média por fugas e roturas nos Estados-Membros da UE é de 23%, o que representa uma grande quantidade de água (i.e., 6,3 mil milhões de m³ na UE e Reino Unido) que é tratada, transportada e perdida. Este volume corresponde aproximadamente a metade do que se pouparia no escoamento urbano, caso se transformasse 35% das superfícies impermeáveis da UE em zonas verdes.

Os países que mais beneficiaram com a digitalização dos sistemas de distribuição de água são Itália, França e Reino Unido (cerca de mil milhões de euros para cada Estado-Membro), uma vez que são os países que apresentam os maiores volumes de perdas. Portugal apresenta uma estimativa de benefício de cerca de 75 M€. A Alemanha é o país com o maior consumo doméstico de água (3 672 Mm³/ano), porém, as suas perdas de água são de apenas 10%, em comparação com 40% na Itália.

Já no setor das águas residuais (Quadro 2), o maior benefício da digitalização é verificado igualmente nos três países anteriormente mencionados para a distribuição de água, sendo que em Portugal o benefício seria de 3,15 M€.

No caso do setor da hidroeletricidade, os países que mais beneficiam com uma maior digitalização (Quadro 3) são aqueles com a maior capacidade instalada e geração de energia hidrelétrica, ou seja, Suécia, França, Itália e Áustria, os quais representam 60% do benefício total da UE. Em Portugal, o benefício da digitalização seria da ordem de 15 M€.

Quando os resultados são agregados à escala europeia, os benefícios atingem 5,0 mil milhões de euros por ano no setor da distribuição, 0,15 mil milhões de euros por ano no setor das águas residuais e 1,7 mil milhões de euros por ano, ao nível da hidroeletricidade.

De um modo geral, a relação entre benefício e população varia de 1,1 €/pessoa.ano na Bélgica, a 59,1€/pessoa.ano na Suécia), com um valor médio agregado para a UE de 13,2 €/pessoa.ano) (incluindo o Reino Unido). Para Portugal, o benefício situa-se na ordem de 10 €/pessoa.ano) (EEA, 2018; EC, 2022).

Quadro 1. Benefício associado à digitalização do sistema de distribuição de água.

País		Volume anual de água doméstica (Mm³/ano)	Custo anual (M €)	Fugas/Roturas (Mm³/ano)	Custo com perdas de água (M €)	Benefício (M €)
AT	Áustria	467,67	1636,86	155,89	545,62	114,39
BE	Bélgica	391,52	1761,82	43,5	195,76	2,66
BG	Bulgária	233,89	233,89	100,24	100,24	18
HR	Croácia	262,91	525,82	87,64	175,27	38,32
CY	Chipre	93,81	164,16	31,27	54,72	13,99
CZ	Chéquia	329,39	1119,94	109,8	373,31	58,93
DK	Dinamarca	276,37	2570,21	30,71	285,58	25,11
EE	Estónia	42,73	141	14,24	47	7,91
FI	Finlândia	350,7	2034,08	116,9	678,03	143,47
FR	França	3637,27	14185,37	1212,42	4728,46	973,16
DE	Alemanha	3672,87	17262,49	408,1	1918,05	164,59
EL	Grécia	765,09	918,1	255,03	306,03	71,88
HU	Hungria	323,85	712,46	107,95	237,49	40,01
IE	Irlanda	220,85	220,85	220,85	220,85	48,45
IT	Itália	3457,62	6915,25	2305,08	4610,17	1099,22
LV	Letónia	101,68	335,55	33,89	111,85	23,86
LT	Lituânia	69,71	230,05	23,24	76,68	9,79
LU	Luxemburgo	31	186,02	3,44	20,67	1,97
MT	Malta	13,55	44,72	5,81	19,17	3,08
NL	Países Baixos	797,81	4387,95	88,65	487,55	44,33
PL	Polónia	1252,34	3381,32	313,09	845,33	119,26
PT	Portugal	582,99	1020,24	194,33	340,08	72,37
RO	Roménia	821,82	1232,73	547,88	821,82	183,38
SK	Eslováquia	144,25	360,63	61,82	154,55	24,81
SI	Eslovénia	88,12	202,68	37,77	86,86	16,65
ES	Espanha	2215,5	3987,89	949,5	1709,1	370,03
SE	Suécia	541,83	2384,07	180,61	794,69	167,88
UK	Reino Unido	3470,13	11798,44	1487,2	5056,47	1106,64

Quadro 2. Benefícios associados à alteração do sistema de águas residuais unitário.

País	Sistema unitário Mm³/ano	Benefício (M €)
AT	58,64	0,68
BE	259,13	7,73
BG	0	0
HR	86,05	1,86
CY	27,46	0,7
CZ	0	0
DK	104,01	3,14
EE	7,98	0,32
FI	26,88	0,95
FR	840,61	21,36
DE	772,94	11,63
EL	62,64	1,39
HU	42,22	1,41
IE	34,01	1,05
IT	1286,79	26,44
LV	5,62	0,25
LT	15,3	0,61
LU	41,92	1,13
MT	11,85	0,29
NL	135,38	2,24
PL	413,59	13,68
PT	163,99	3,15
RO	0	0
SK	6,16	0,22
SI	57,4	1,1
ES	91,86	2,76
SE	22,33	0,85
UK	1207,22	35,87

Quadro 3. Benefícios anuais no setor hidroelétrico.

País	Produção energética anual (GWh/ano)	Potência instalada (GW)	Eres ⁽¹⁾ (GWh/ano)	Melhoria no rendimento das turbinas de 1% (M €)	Melhoria na operação em 5% (M €)	Menos paragens e arranques (M €)	Benefício total (M €)
AT	45353,97	14,75	8918,23	46,49	0,37	45,71	92,57
BE	1314,6	1,43	266,9	1,35	0,04	1,37	2,76
BG	3320,26	3,13	2492,56	10,62	0,08	39,88	50,58
HR	5810,4	2,16	3455,1	5,96	0,05	17,71	23,72
CY	0	0	0	0	0	0	0
CZ	3436,96	2,28	2143,88	3,09	0,06	9,65	12,8
DK	17,06	0,01	17,06	0,01	0	0,07	0,08
EE	30	0	30	0,02	0	0,08	0,1
FI	15883,34	3,26	15883,34	16,28	0,08	81,4	97,76
FR	66532,42	25,49	58151,93	68,2	0,64	298,03	366,87
DE	24876	10,88	975	22,39	0,27	4,39	27,05
EL	3440,3	3,42	2969,73	3,53	0,09	15,22	18,84
HU	244	0,06	0	0,2	0	0	0,2
IE	1224,22	0,51	932,66	1,25	0,01	4,78	6,04
IT	49495,26	22,59	22335,67	49,5	0,56	111,68	161,74
LV	2603,04	1,59	2,19	2,67	0,04	0,01	2,72
LT	1080,1	1,03	300,6	0,43	0,03	0,6	1,06
LU	1094,07	1,33	91,6	1,12	0,03	0,47	1,62
MT	0	0	0	0	0	0	0
NL	46,07	0,04	46,07	0,05	0	0,24	0,29
PL	2936,99	2,39	1876,92	3,01	0,06	9,62	12,69
PT	13632,55	7,2	3306,54	12,95	0,18	15,71	28,84
RO	15701,39	6,31	14784,21	16,09	0,16	75,77	92,02
SK	4799	2,52	4517	4,92	0,06	23,15	28,13
SI	5224,74	1,3	0	5,36	0,03	0	5,39
ES	33998	20,43	28567	34,85	0,51	146,41	181,77
SE	72440	16,48	72290	74,25	0,41	370,49	445,15
UK	7691,24	4,77	5227,52	6,15	0,12	20,91	27,18

(1) Eres representa a produção anual de energia (kWh) para as centrais hidroelétricas do tipo albufeira (excluindo as centrais hidroelétricas por bombagem)

A hidroeletricidade desempenha um papel crucial numa ótica de gestão operacional conjugada com renováveis intermitentes, nomeadamente a eólica e a solar, numa perspectiva de otimização energética, oferecendo segurança e inércia ao sistema. A conjugação de energias renováveis é vista, cada vez mais, como um incentivo ao desenvolvimento e criação de albufeiras em regime de bombeamento-armazenamento (*pumped-storage*), permitindo assim realizar o bombeamento nas horas de maior produção solar, resultando em maior armazenamento de água e, consequente, na produção nas horas de maior de necessidade de consumo de electricidade.

Neutralidade carbónica no setor da água

A transição para a neutralidade carbónica no setor da água é um desafio multifacetado que engloba uma série de inovações e práticas sustentáveis como a adoção de tecnologias avançadas e a integração de energias renováveis. Tais práticas são assim exemplos de como o setor pode avançar em direção à autossuficiência energética e à redução de emissões (Ramos et. al, 2023a).

No âmbito ambiental é de destacar o esforço de entidades gestoras (EG) no sentido de promover e se orientarem cada vez mais para os objetivos de sustentabilidade e de redução de emissões. Em Portugal, o grupo Águas de Portugal (AdP) já se encontra a implementar programas integrados direcionados para a redução de consumos energética e aumento da produção própria de energia 100% renovável (AdP, 2020), tendo como objetivo atingir a neutralidade carbónica em 2030. Tal deverá ser alcançado através de um conjunto integrado de procedimentos, como atingir as zero emissões de CO₂ nas infraestruturas (e.g. estações de tratamento e bombagem), bem como numa perspectiva de recuperação de energia.

Gestão inteligente

A otimização na operação dos sistemas, a modernização da infraestrutura, a minimização de perdas de água e a implementação de sistemas de gestão inteligente com sensores que permitem monitorizar e controlar o uso de água e energia em tempo real têm vindo a ser implementados, dado que permitem a gestão conjunta da água e da energia.

A aplicação/conjugação destas vertentes pode ser alcançada por meio de leis e incentivos para práticas sustentáveis e investimentos em tecnologias limpas (Figura 1) (Ramos et. al, 2020; 2022).

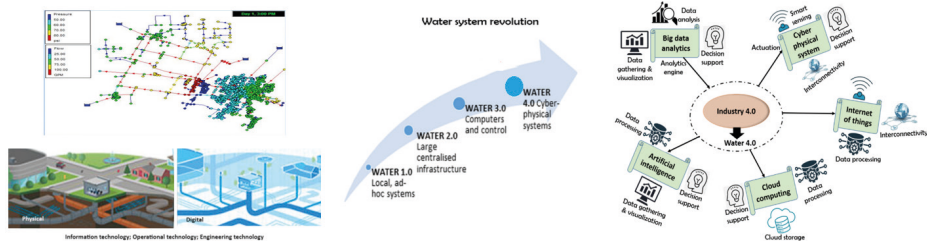


Figura 1. Tecnologias de informação, de engenharia de controlo eletrónico e operação.

No caso das redes de abastecimento de água, um dos parâmetros mais importantes a controlar é a pressão, sendo que tal controlo permite/poderá garantir um adequado nível de serviço e a máxima eficiência dos sistemas (Quaranta et. al, 2023b, Ramos et. al, 2023b), com o duplo objetivo de redução de perdas de água e melhoria da eficiência energética através da redução do consumo e da recuperação da energia (Figura 2).

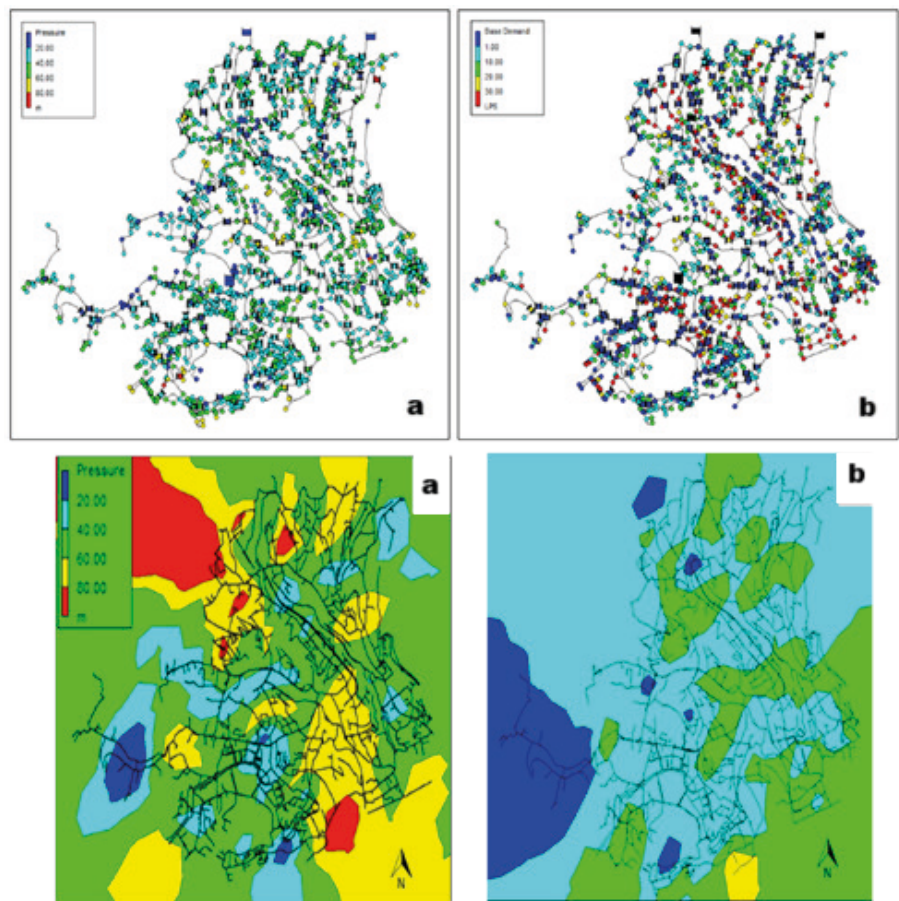


Figura 2. Rede de distribuição sem (a) e com (b) controlo de pressão.

Transição energética no setor da água

No que se refere à transição energética do setor da água, um dos aspetos mais importantes prende-se com a autoprodução e recuperação de energia. No caso da autoprodução, dados de 2021 e 2022 em Portugal apontam para uma autoprodução no setor da água de 5%, sendo que tal resulta de um acréscimo de 5 GWh na produção e de uma redução de 18 GWh no consumo energético, em resultado da energia fotovoltaica e eólica.

Assim, de modo a atingir-se a transição energética, torna-se importante proceder e caminhar no sentido de: i) otimização energética; ii) desenvolvimento de tecnologias para a produção energética em infraestruturas existentes; iii) recuperação de energia.

i) Otimização energética

A transição global para sistemas energéticos mais sustentáveis tornou-se um foco central das agendas climáticas de países e cidades em todo o mundo, no qual a substituição dos combustíveis fósseis por alternativas limpas é essencial para alcançar os objetivos climáticos globais e cumprir as metas de desenvolvimento sustentável.

Para este efeito, no setor da água devem ser utilizados/potenciados modelos de otimização para controlo do *nexus* água-energia, bem como de soluções integradas de melhoria da eficiência energética, já que constitui uma das componentes mais dispendiosas das entidades gestoras. Neste sentido, as estratégias de planeamento urbano para a melhoria da eficiência incluem otimizar a integração das tecnologias fotovoltaicas com outros sistemas de energia limpas.

Neste domínio, os sistemas de energia eólica registaram progressos significativos devido a inovações no projeto de turbinas, na aerodinâmica e nos materiais, conduzindo a um aumento da eficiência energética e da sua capacidade desde a microescala até aos grandes aerogeradores. A versatilidade da energia eólica é demonstrada adaptando-se às características dos sistemas de água e às condições geográficas locais. De facto, a integração de soluções de armazenamento de energia e tecnologias de redes inteligentes tem também superado desafios existentes, consolidando a energia eólica como uma fonte económica capaz de satisfazer uma procura substancial de eletricidade a nível global.

No caso da energia hidroelétrica, até 2050 prevê-se que a procura global aumente em 400 GW, aproveitando aproximadamente 64% da capacidade total disponível, o que representa um aumento de 35% em relação à utilização atual. Neste sentido, a energia hidroelétrica em sistemas reversíveis, com armazenamento por bombagem, tem-se expandido significativamente, com projetos de grande escala a atingir 150 GW de capacidade até 2024 (Coelho et. al, 2024a). Esta tecnologia pode também ser adaptada para sistemas de microescala.

De referir que o custo da eletricidade para centrais hidroelétricas de grande escala mantém-se competitivo, sendo consistentemente inferior ao dos combustíveis fósseis. Por sua vez, a combinação de sistemas de energia renovável, como solar, eólica e hidroelétrica com bombagem, tem resultado em custos nivelados de eletricidade entre 0,03 e 0,05 €/kWh.

Assim, e conforme anteriormente descrito, a transição global para sistemas energéticos mais sustentáveis é particularmente crucial para o setor da água, em particular para os sistemas de abastecimento de água, uma vez que as redes urbanas de distribuição de água potável enfrentam enormes pressões relacionadas com a resiliência e a captação de recursos, apresentando níveis de desempenho hidráulico e eficiência energética insustentáveis face às alterações climáticas.

A integração deste tipo de sistemas na infraestrutura urbana incentiva assim os gestores de recursos hídricos a adotarem inovações das cidades inteligentes, utilizando tecnologias digitais (*Digital Twins*) para otimizar a gestão da água, a eficiência energética e a incorporação de fontes renováveis de energia. Para tal, torna-se necessário desenvolver metodologias inteligentes baseadas em extensas bases de dados e algoritmos de inteligência artificial, com o principal objetivo de maximizar a eficiência energética e a eficácia global do sistema ao longo do tempo. Isto inclui a consideração de variações na procura de água, variações nas disponibilidades de recursos renováveis (*e.g.*, vento e na radiação solar), entre outros fatores, permitindo, em última instância, alcançar um consumo energético autossuficiente e sustentável (Figura 3).

A introdução de sistemas híbridos inteligentes melhora os indicadores de desempenho nos sistemas de distribuição de água. Por sua vez, os modelos complexos de otimização devem ser utilizados para melhorar a eficiência, flexibilidade e fiabilidade dos sistemas de abastecimento (Coelho et. al, 2024a, Coelho et. al, 2024b; Coelho et. al, 2024c) (Figura 4).

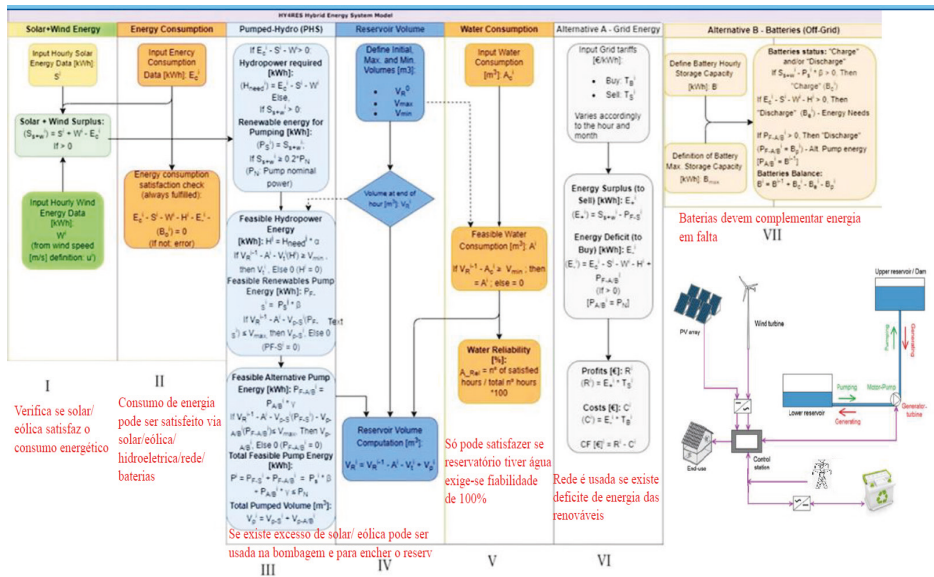


Figura 3. Modelo de otimização de soluções de energia renovável híbridas.

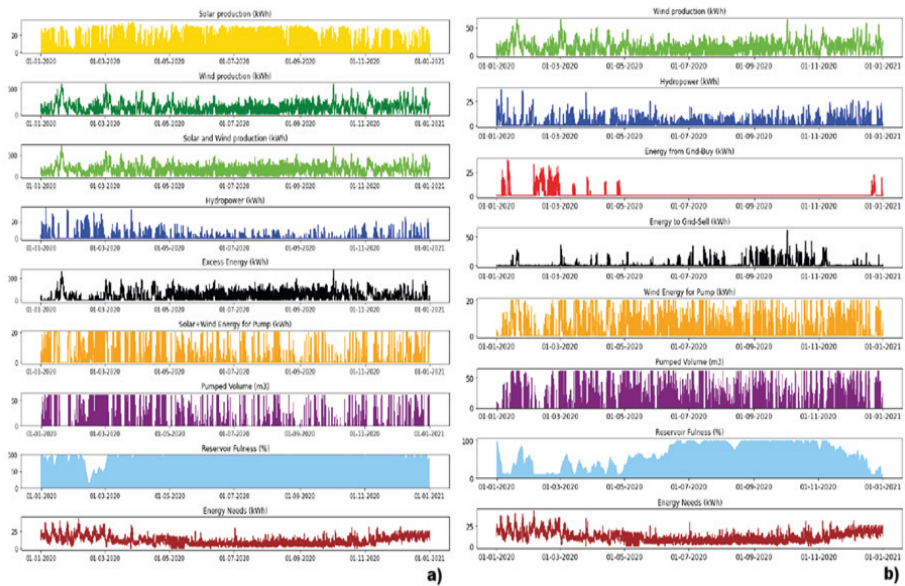


Figura 4. Otimização do balanço energético para dois casos de combinação de recursos: a) Funcionamento isolado com PV+eólica+hidroelétrica reversível; b) Ligado à rede elétrica nacional com eólica e hidroelétrica reversível.

ii) Desenvolvimento de tecnologias para produção de energia em infraestruturas existentes

O interesse em sistemas do tipo micro-hídricas em infraestruturas existentes (*e.g.* abastecimento e distribuição de água, drenagem) tem aumentado, uma vez que a tecnologia utilizada é de baixo custo, apresenta baixos impactos ambientais, bem como apresenta um potencial relevante para recuperação de energia em diferentes tipos de instalação. As tecnologias disponíveis para tais infraestruturas ainda são restritas, sendo um assunto que tem estado sob investigação.

Um exemplo de investigação nesta área foi realizado no Instituto Superior Técnico (IST), através da caracterização experimental de uma turbina tubular em hélice em linha, adequada para sistemas pressurizados, como redes de abastecimento e distribuição de água. No âmbito de diferentes projetos europeus (*e.g.*, HYLOW, REDAWN, HY4RES) em que o IST participou, foi desenvolvido um interessante protótipo, baseado num modelo de *Computational Fluid Dynamics* (CFD) e que foi posteriormente testado em laboratório, no qual se demonstrou o potencial em aplicações práticas ao nível de sistemas de abastecimento, drenagem e industrial. Esta investigação experimental evidenciou que a nova turbina tem eficiências de cerca de 60% para operações de baixa queda.

Samora et al. (2016) desenvolveu também ensaios na Suíça com a turbina concebida no IST, tendo o modelo sido melhorado e testado nas instalações da HES-SO Valais, num equipamento de teste universal projetado para avaliar o desempenho hidráulico de diferentes tipos de turbomáquinas de pequena potência (até 10 kW) e outros componentes hidráulicos. Nestes ensaios, uma série de mudanças na configuração da turbomáquina foram introduzidas para otimização do desempenho da turbina, bem como para adaptação à configuração existente no IST. A turbina e as curvas características obtidas apresentam-se na Figura 5.

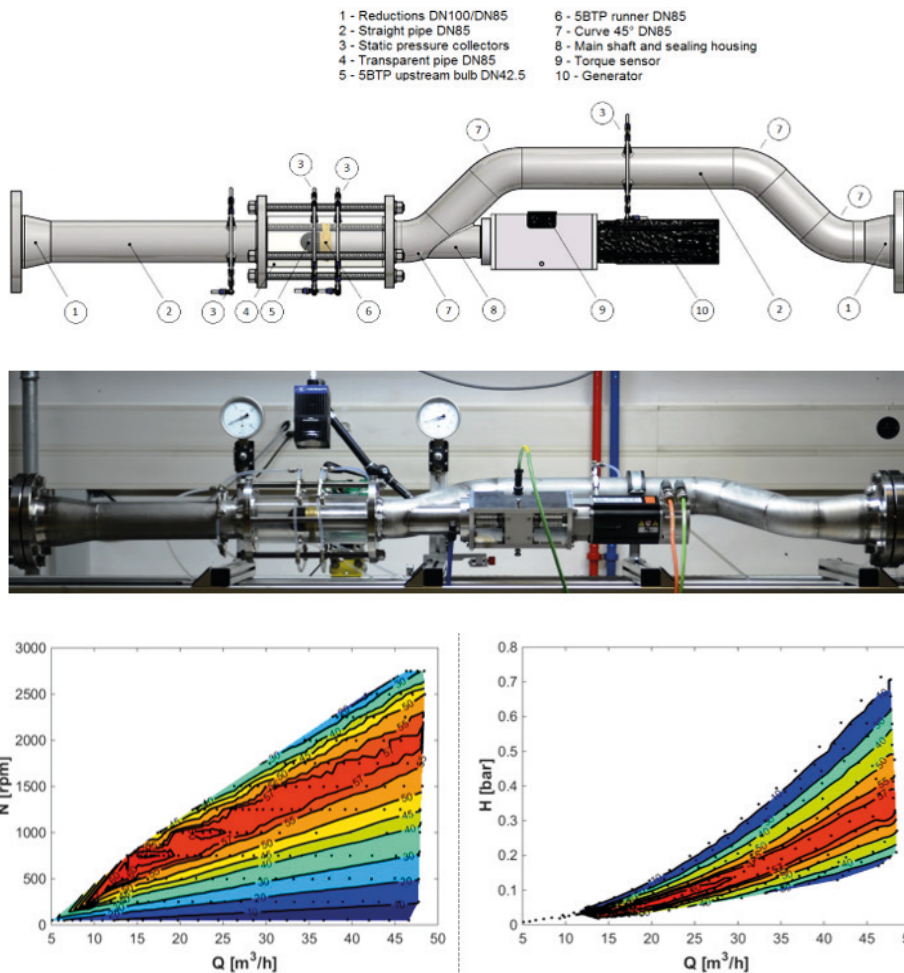


Figura 5. Turbina axial com 5 pás para baixas quedas (a) e curvas características (b).

No caso dos sistemas de tratamento de água, um exemplo de tecnologia desenvolvida e alvo de análise corresponde a turbinas de fluxo cruzado (*i.e.*, *cross-flow*). Esta tecnologia demonstrou ser a mais adequada para quedas muito baixas (*e.g.*, da ordem de 1 a 4 m) subjacente a um descarregador numa instalação de tratamento de água, em Itália.

As formulações da mecânica do fluido através dessa turbina e os parâmetros característicos foram analisados em Sinagra et. al (2022). A análise numérica foi desenvolvida para a validação dos critérios de projeto da turbina *cross-flow* (Figura 6), sendo que a turbina apresentou uma eficiência igual a 54,5%, para um caudal de operação próximo correspondente dos dados de projeto ($Q = 0,860 \text{ m}^3/\text{s}$).

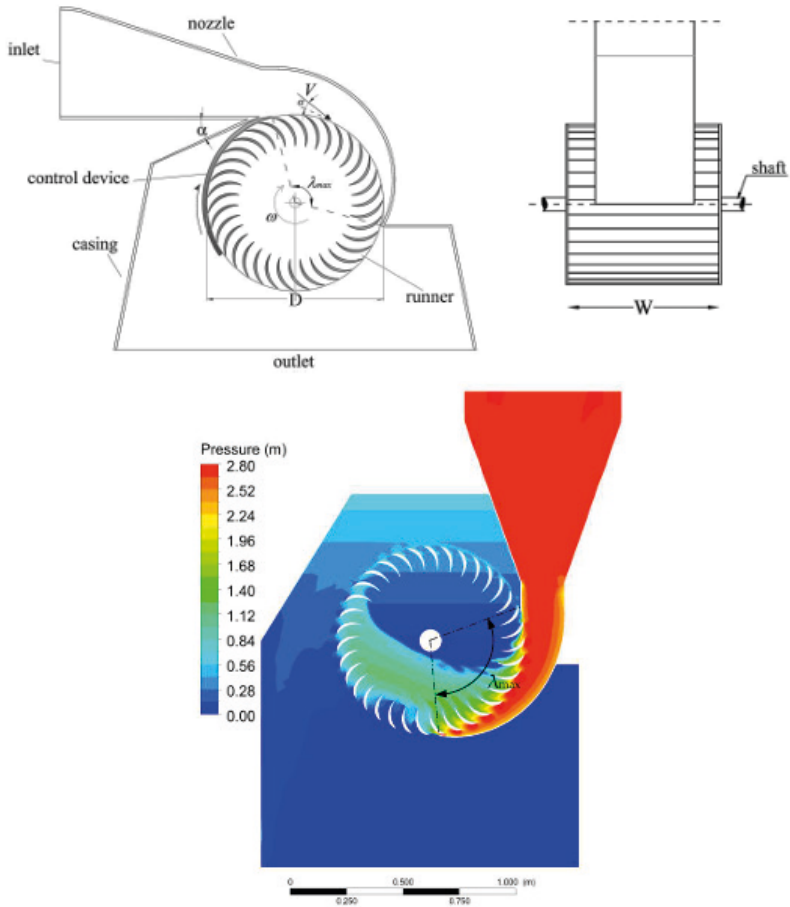


Figura 6. Turbina *cross-flow* aplicada numa estação de tratamento de água.

Outros exemplos ao nível da microprodução em infraestruturas existentes de abastecimento incluem a substituição de um gerador a diesel por uma bomba a funcionar como turbina incorporada, tendo tal sido testado num sistema de rega, bem como a criação de uma pequena comunidade energética de neutralidade carbónica utilizando uma micro-turbina do tipo Pelton (Ramos et. al, 2024) (Figura 7).

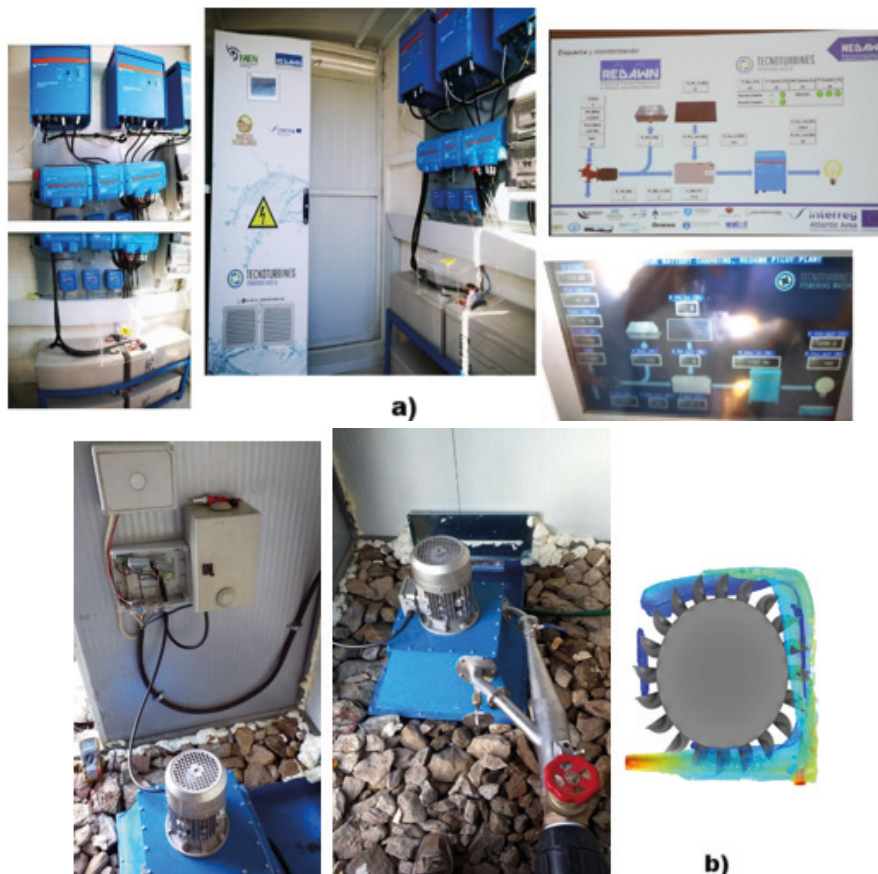


Figura 7. Recuperação de energia hidroelétrica: a) sistema de rega; b) comunidade unifamiliar.

iii) Recuperação energética

No contexto da recuperação de energia hídrica no setor da água, verifica-se que no plano económico o setor da água, como um todo, consome entre 5% a 10% da eletricidade, sendo que os custos energéticos representam cerca de 20% a 30% dos custos operacionais. Em face desta realidade, constata-se que os sistemas de abastecimento de água e de gestão de águas residuais são infraestruturas com um grande potencial de recuperação de energia hídrica, não só decorrente da existência de desníveis topográficos elevados entre as secções de montante e de jusante dos sistemas de transporte e nas entradas e saídas das instalações de tratamento de águas (ETA) e de águas residuais (ETAR), como também decorrente do excesso de pressão com que a água é normalmente transportada e distribuída para garantir níveis de serviço adequados nos pontos de entrega. A operação destes sistemas implica a dissipação desse excesso de energia através da instalação de válvulas

de regulação, solução típica em sistemas em pressão ou, simplesmente, através de órgãos descarregadores com pequenas quedas (*e.g.*, 3 a 5 m à entrada/saída de ETA e ETAR).

As preocupações mundiais com as emissões de gases poluentes para a atmosfera com efeito de estufa, e o aquecimento global do planeta têm levado as entidades gestoras a implementar soluções de aproveitamento da energia em excesso associando-as a boas práticas de operação e manutenção dos seus sistemas. A instalação de tecnologias de recuperação de energia hídrica configura assim múltiplos benefícios para as infraestruturas e as suas entidades gestoras, permitindo, com a dissipação de energia em excesso, uma melhor gestão de pressões e controlo do caudal, a redução das perdas de água e, com a recuperação dessa energia, a geração de eletricidade para autoconsumo ou para injeção do excedente na rede elétrica nacional, reduzindo a fatura energética.

Existem várias tecnologias de recuperação de energia hídrica disponíveis no mercado. A escolha da solução mais adequada depende fortemente dos valores e variação temporal do caudal e da queda disponível, do modo de operação dos sistemas, das condições locais de instalação e do custo da solução. As soluções, adequadas ao mercado das micro e mini-hídricas, adotadas tipicamente para quedas elevadas são as turbinas Pelton (40-800 m), Francis (7-120 m) e Ossberger (até 200 m). Para caudais elevados, as soluções mais comuns são turbinas Kaplan (2-25 m) e hélice, o parafuso de Arquimedes invertido e, em alguns casos, as turbinas Ossberger.

A nível nacional, várias empresas do grupo AdP têm promovido a realização de estudos para a avaliação do potencial de recuperação de energia hídrica nos seus sistemas, como seja, a recuperação de energia nos sistemas adutores de água à região de Lisboa gerido pela Empresa Portuguesa de Águas Livres (EPAL) (Covas et. al., 2023), a recuperação de energia à saída das ETARs de Alcântara (Pereira, 2018) e de Vila Real (Capelo, 2022) geridas pela Águas do Tejo Atlântico (AdTA) e Águas do Norte (AdN), respetivamente, assim como a recuperação de energia à entrada da ETA e de reservatórios do sistema adutor da Águas do Algarve (Monteiro et. al., 2017, 2018).

Estes estudos envolvem o recurso a soluções de recuperação de energia clássicas (*e.g.* turbinas do tipo Kaplan ou Francis) ou a outras tecnologias menos tradicionais (*e.g.* parafuso de Arquimedes invertido, ou bombas a funcionar como turbinas). Refira-se alguns exemplos de soluções de recuperação de energia que foram implementadas ou que se encontram em construção no grupo AdP (Covas et. al., 2023):

- a central hidroelétrica (CE) instalada à entrada da ETA de Beliche com duas bombas a funcionar como turbina com 8 kW cada;
- duas CE na Asseiceira, a central I com uma turbina Kaplan com 1,5 MW instalada no sistema adutor da EPAL e a central II com um parafuso de Arquimedes invertido com 150 kW instalado na ETA;
- CE da Várzea da Chaminés com uma turbina Francis com 1,5 MW instalada no sistema adutor da EPAL.

Adicionalmente, e tal como referido, o IST tem participado em múltiplos projetos de investigação e desenvolvido vários estudos experimentais para a conceção e análise de soluções de baixo custo que possam ser adaptadas às condições locais e aplicadas em larga escala. Uma das soluções estudadas consistiu em bombas a funcionar como turbinas, uma vez que se tratam de equipamentos existentes no mercado. Contudo, requerem a regulação de caudais para maximizar a sua capacidade de recuperação de energia.

Entre 2016 e 2019 foi desenvolvida uma investigação experimental no IST para determinar as curvas características de bombas a funcionar em modo de turbina (Delgado *et al.*, 2019a; b). Para tal, foi construída uma instalação experimental totalmente instrumentada para registar grandezas hidráulicas, mecânicas e elétricas (Figura 8) e ensaiadas três bombas.

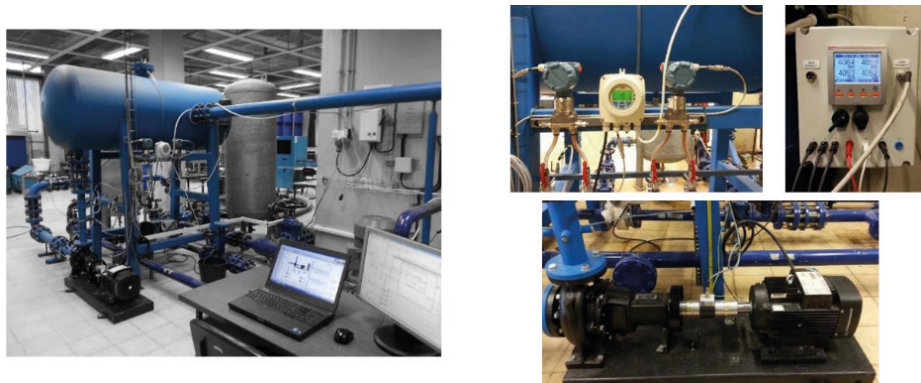


Figura 8. Instalação experimental construída no IST para o estudo de bombas a operar como turbina.

Na Figura 9 apresentam-se as curvas características da energia-caudal e eficiência-caudal para uma destas bombas, em função da velocidade de rotação. Observa-se que as eficiências máximas da bomba a operar em modo de turbina são da ordem de grandeza das homologas em modo de bomba.

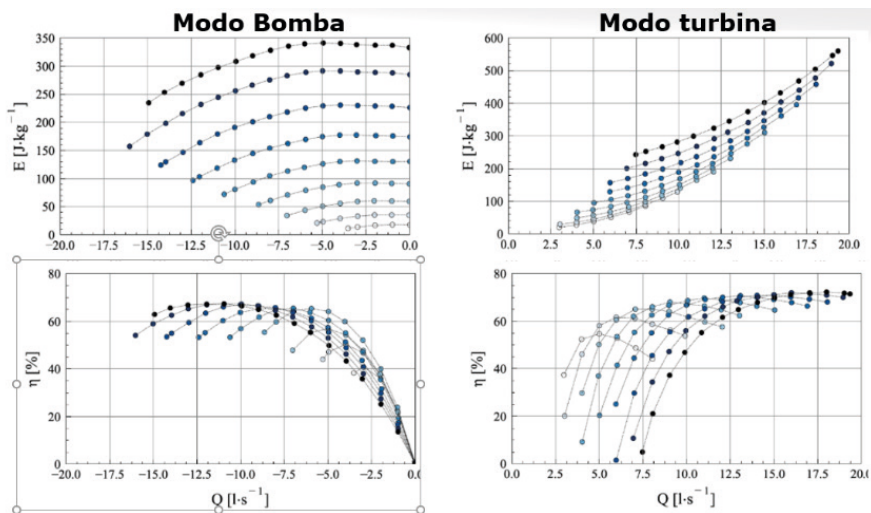


Figura 9. Exemplo de curvas características de uma bomba a funcionar em modo de bomba e de turbina (Delgado *et al.*, 2019a).

Mais recentemente, entre 2021 e 2023, foi realizada outra investigação experimental no IST para determinar a potência mecânica de uma roda de água (Capelo, 2021; Maraca, 2023; Maraca et. al., 2025). Para tal, construiu-se um modelo reduzido de uma roda hidráulica instalada num canal com recirculação de água (Figura 10) e recorreu-se a instrumentação avançada para a medição de grandezas hidráulicas (pressão e caudal) e mecânicas (velocidade de rotação e binário). Nesta investigação foram testadas sete rodas, sendo quatro de pás planas (com 16, 24, 36 e 48 pás) e três de 24 pás curvas, incluindo a modificação da curvatura do fundo do canal onde se instala a roda. Foram determinadas as curvas características de torque-caudal, de potência-caudal e de eficiência-caudal com base nos ensaios experimentais realizados.

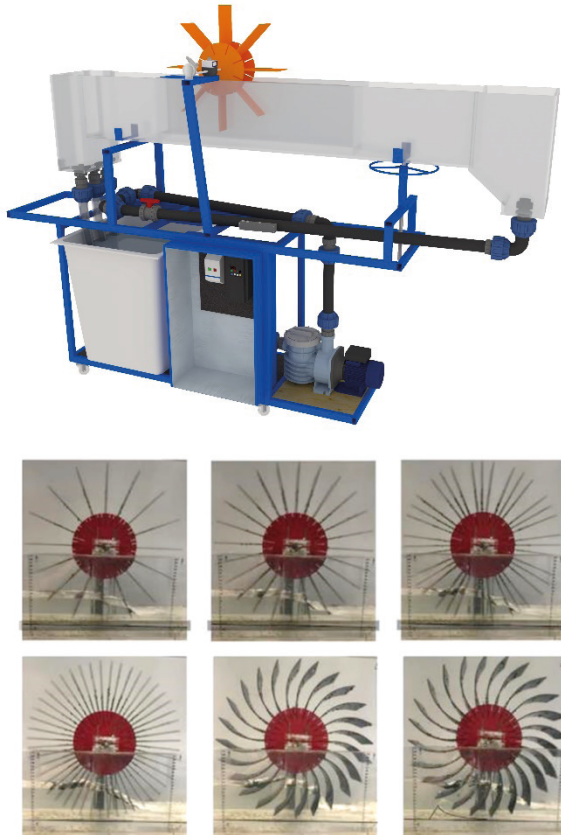


Figura 10. Instalação experimental: (esquerda) esquema da instalação; (direita) rodas hidráulicas (Macara et. al, 2025).

Na Figura 11 apresentam-se as curvas características obtidas para as rodas com 16 e 48 pás planas. A eficiência mecânica obtida experimentalmente depende do caudal e da velocidade de rotação, obtendo-se valores máximos de 60-65%, apesar das pequenas dimensões da roda (40 cm de diâmetro), indiciando que rodas à escala real possam ter eficiências mais elevadas (ca. 70-75%).

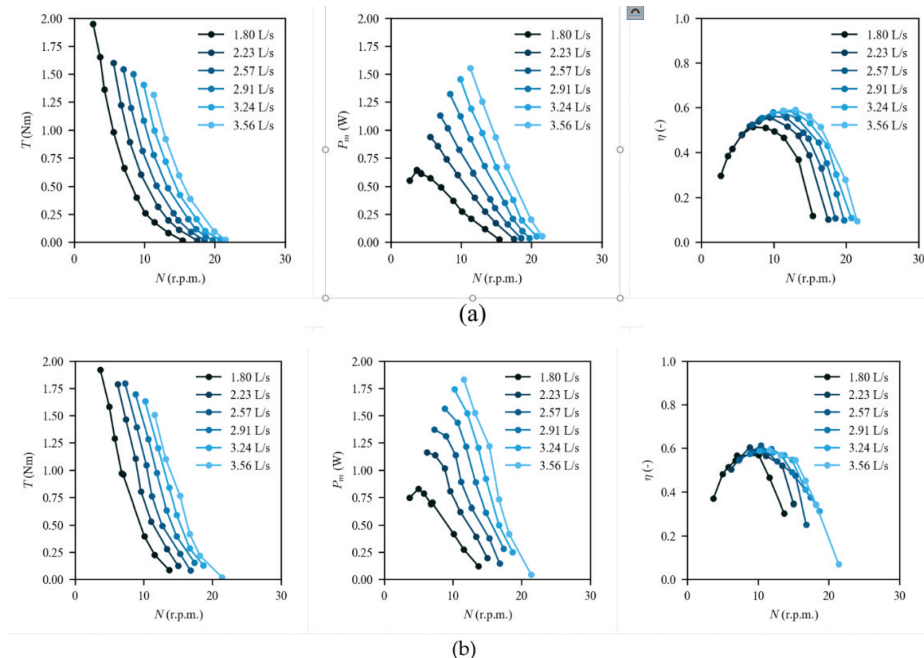


Figura 11. Curvas características das rodas hidráulicas ensaiadas em laboratório: (a) roda com 16 pás planas e (b) roda com 48 pás planas (Macara *et al.*, 2025).

Apesar do reconhecido potencial de adoção destas soluções, a aplicação do tipo de tecnologias mencionadas, quer para otimização, quer para produção/recuperação de energia possui diversos desafios significativos, desde a sensibilização das entidades gestoras, aos custos de construção e adaptação da instalação.

Assim, torna-se necessário uma maior sensibilização das entidades gestoras, o fortalecimento da experiência técnica das empresas projetistas, o cofinanciamento para a implementação das soluções e o desenvolvimento de opções economicamente viáveis. Tal deverá ser enquadrado a nível de projeto, num contexto de oportunidade de aprendizagem e de construção de conhecimento técnico, reforçando a recuperação de energia hídrica como uma oportunidade crucial para promover a sustentabilidade no setor da água.

Produção em menor escala: Mini e micro-hídricas

Para além do referido, outro aspeto importante para o futuro e sustentabilidade do *nexus* água-energia é a possível complementaridade no desenvolvimento de soluções de pequena dimensão com capacidade de produção descentralizada e autoconsumo.

Dos vários tipos de solução, a projeção e implementação de mini e micro-hídricas são um bom exemplo, sendo que para além dos propósitos anteriormente mencionados, possuem o potencial de reconverter infraestruturas hidráulicas mais

antigas (e.g. moinhos), promover a manutenção de infraestruturas básicas, renovar o interesse na manutenção da qualidade da água, não alterar muito o recurso, entre outros aspetos. Todavia, tal deverá ser enquadrado numa vertente compensatória de implementação dos projetos, dado que a estes estão associados a baixas potências e produções energéticas.

De referir que as mini e micro-hídricas não deverão ser encaradas como substitutas de outras fontes de produção de energia, nem como uma solução de segurança em caso de falha na rede elétrica, dado que por si só, estas infraestruturas não constituem uma rede de energia autónoma - como resultado, eventuais problemas na rede elétrica afetam diretamente o seu funcionamento.

Ainda assim, não deve ser descartada a importância deste tipo de centrais como um complemento e a consideração como soluções locais, contribuindo para a redução da potência contratada, reduzindo assim os custos energéticos.

Alguns exemplos deste tipo de infraestruturas já são implementados nos cursos de água em Portugal, sendo a bacia do rio Bugio um desses locais. Nesta bacia, encontram-se presentes os aproveitamentos Hidroelétricos (AH) do Corvete (1917) (Figuras 12a e 12b) e de Lourido (Figura 13a, 13b e 13c).



P20_5176 - Aproveitamento Hidroelétrico do CORVETE - Julho 2022 - © Francisco Piqueiro / www.FOTOENGENHO.PT - piqueiro@gmail.com

Figura 12a. Aproveitamento Hidroelétrico do Corvete ©Francisco Piqueiro / Foto Engenho (2022).



P30_S25 - Aproveitamento Hidroelétrico do CORVETE - Julho 2012 - © Francisco Piqueiro / www.FOTOENGENHO.PT - piqueiro@gmail.com

Figura 12b. Aproveitamento Hidroelétrico do Corvete ©Francisco Piqueiro / Foto Engenho (2022).

No caso do Aproveitamento Hidroelétrico (AH) de Lourido (Figuras 13a, 13b e 13c) o mesmo foi dimensionado para um caudal máximo turbinável de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$, apresentando uma queda útil de 94 m e uma potência instalada de 2350 kW. O AH é composto por um açude com altura de cerca de 3 m, canal de derivação, câmara de carga, conduta forçada e central hidroelétrica.



Bugio - Felgueiras - 13 Abril 2012

© 2012 - Francisco Piqueiro www.FotoEngenho.pt - piqueiro@gmail.com

Figura 13a. Aproveitamento Hidroelétrico de Lourido ©Francisco Piqueiro / Foto Engenho (2012).



BUGIO - AH de Lourido - Janeiro 2012

© 2012 - Francisco Piqueiro - www.FotoEngenho.pt - piqueiro@gmail.com - F2A_A003

Figura 13b. Central Hidroelétrica do Aproveitamento Hidroelétrico de Lourido ©Francisco Piqueiro /Foto Engenho (2012).



BUGIO - Lourido - 9 Fevereiro 2021

© 2021 - Francisco Piqueiro - www.FotoEngenho.pt - piqueiro@gmail.com - P18_A113

Figura 13c. Evento de cheia (9 Fevereiro 2021) no Aproveitamento Hidroelétrico de Lourido ©Francisco Piqueiro / Foto Engenho (2021).

Também fora de Portugal, tais soluções são aplicadas como uma oportunidade de reabilitação de património (*e.g.* moinhos), onde é possível instalar turbinas para a produção de eletricidade, promovendo o aproveitamento energético sustentável e assim fomentar microeconomias locais.

Notas finais

Tal como descrito ao longo deste capítulo, apesar de benéficas, a implementação das soluções referidas, assim como das outras soluções para uma maior sustentabilidade do *nexus* água-energia devem assentar e ser enquadradas numa perspetiva de viabilidade a diferentes níveis: técnico, económico, administrativo e normativo. A isto deverá acrescer ainda a justificação da sua implementação e dos impactos decorrentes, em particular os ambientais (*e.g.* construção de novas barragens).

Para este propósito torna-se importante definir o valor da água e da energia e as possíveis formas de criar métricas multidisciplinares para avaliar o respetivo uso e conjugação com o valor ambiental, o que atualmente poderá ainda ser de difícil quantificação através de métricas mensuráveis.

A tomada de decisões afetas ao setor da água e de energia é um processo difícil ao nível das entidades, que podem também beneficiar da criação do “efeito de escala”, sobretudo ao nível de entidades mais pequenas e do Interior, sendo que a simplificação processual deveria ser um fator importante para a implementação de soluções. Tal é particularmente importante em soluções mais reduzidas como as mini e micro-hídricas.

A todos os aspetos mencionados, acresce ainda uma vertente não menos importante, nomeadamente a de cooperação e articulação entre diferentes atores do setor da água e da energia. Para esse fim, é crucial uma maior aproximação e uma estreita simbiose entre a academia, indústria e decisores, promovendo o desenvolvimento de soluções práticas e inovadoras. A aproximação de associações como a Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), não só a empresas e à academia, mas a toda a sociedade civil, através da dinamização e incentivo de debates e eventos técnico-científicos é também de importância estratégica, dado que permite não só a partilha de conhecimento, mas também poderá influenciar e suportar as decisões adotadas nos setores da água e da energia.

Só com base nestes pressupostos é que se torna possível materializar todos os investimentos e soluções necessárias para uma maior sustentabilidade do *nexus* água-energia, materializado e direcionado para um futuro dinâmico, promotor da inovação, mas que não se esgote no desenvolvimento tecnológico.

Referências bibliográficas

- AdP (2020). Zero – *Programa de neutralidade energética* do Grupo Águas de Portugal. Águas de Portugal. <https://www.adp.pt/pt/atividade/neutralidade-energetica/?id=224>.
- Coelho, J.S.T.; Pérez-Sánchez, M.; Coronado-Hernández, O.E.; Sánchez-Romero, F.-J.; McNabola, A.; Ramos, H.M. (2024a). *Hybrid Renewable Systems for Small Energy Communities: What Is the Best Solution?* Appl. Sci., 14, 10052. <https://doi.org/10.3390/app142110052>.
- Coelho, J.S.T.; van de Loo, M.; Díaz, J.A.; Coronado-Hernández, O.E.; Pérez-Sánchez, M.; Ramos, H.M. (2024b). *Multi-Objective and Multi-Variable Optimization Models of Hybrid Renewable Energy Solutions for Water–Energy Nexus*. Water, 16, 2360. <https://doi.org/10.3390/w16172360>.

- Coelho, J.S.T.; Alves, A.B.; Morillo, J.G.; Coronado-Hernández, O.E.; Pérez-Sánchez, M.; Ramos, H.M. (2024c). *Hybrid Energy Solution to Improve Irrigation Systems: HY4RES vs. HOMER Optimization Models*. *Energies*, 17, 4037. <https://doi.org/10.3390/en17164037>.
- Covas, Dídia I.C.; Delgado, João N.; Ferreira, João P.; Cabral, Marta; Fontes, Pedro; Almeida, A. B. (2023). *Surge protection of water transmission mains associated with the construction of new micro-hydropower plants: case studies*. 14th International Conference on Pressure Surges. Eindhoven, The Netherlands, 12–14 April 2023.
- Delgado, J., Andolfatto, L., Covas, D. I. C., Avellan, F. (2019a). *Hill chart modelling using the Hermite polynomial chaos expansion for the performance prediction of pumps running as turbines*. *Energy Conversion and Management*. 187, 578-592. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.02.051>.
- Delgado, J., Ferreira, J. P., Covas, D. I. C., Avellan, F. (2019b). *Variable speed operation of centrifugal pumps running as turbines. Experimental investigation*. *Renewable Energy*, 142, 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.067><https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.067>.
- EEA (2018). *Water Use in Europe—Quantity and Quality Face Big Challenges*; European Environmental Agency (EEA), Copenhagen, Denmark.
- EC (2023). *Decision (EU) 2022/2481 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 Establishing the Digital Decade Policy Programme 2030*; European Commission: Luxembourg.
- Guilherme Dias Macara (2023). *Mechanical power of undershot water wheels: experimental and theoretical analysis*. Mestrado Integrado em Engenharia Civil I Orientador: Coorientador: Dídia Covas.
- Guilherme Macara; Miguel Capelo; João Ferreira; Dídia Covas (2025). *Further experimental analysis of undershot water wheels towards the development of a prototype model*. *Urban Water Journal*. 2025-01-02. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2024.2424396>.
- Harari, Y. (2015). *Sapiens: A Brief History of Humankind*. Harper, New York, USA.
- Hélio Paulino Pereira (2018). *Energy recovery in urban water systems: the case study of Alcântara wastewater treatment plant*. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, IST I Orientador: Dídia Covas; coorientador: Laura Monteiro.
- Irene Samora, Vlad Hasmatuchi, Cécile Münch-Alligné, Mário J. Franca, Anton J. Schleiss, Helena M. Ramos (2016). *Experimental characterization of a five blade tubular propeller turbine for pipe inline installation*. *Renewable Energy*, 95, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.04.023>.
- Kornfeld, I. (2009). *Mesopotamia: A History of Water and Law*. Em: Dellapenna, J., Gupta, J. (eds.) *The Evolution of the Law and Politics of Water*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9867-3_2.
- Miguel Capelo (2022). *Theoretical and experimental analyses of the hydraulic power of undershot water wheels*. Mestrado Integrado em Engenharia Civil I Orientador: Dídia Covas.
- Monteiro, L., Mamade, A., Figueiredo, D., Alves, R., Póvoa, P., Covas, D. (2017). *Water and Energy Efficiency in Bulk Water Systems*. CCWI 2017 – Computing and Control for the Water Industry, Sheffield 5-7 September 2017.

- Monteiro, L., Delgado, J., Covas, D. I. C. (2018). *Improved assessment of energy recovery potential in water supply systems with high demand variation*. *Water (Switzerland)*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/w10060773>.
- Quaranta, E.; Ramos, H.M.; Stein, U. (2023a). *Digitalisation of the European Water Sector to Foster the Green and Digital Transitions*. *Water*, 15, 2785. <https://doi.org/10.3390/w15152785>.
- Quaranta, E.; Bejarano, M.D.; Comoglio, C.; Fuentes-Pérez, J.F.; Pérez-Díaz, J.I.; Sanz-Ronda, F.J.; Tuhtan, J.A. (2023b). *Digitalization and real-time control to mitigate environmental impacts of artificial barriers in rivers: Focus on hydropower systems and European priorities*. *Sci. Total Environ.*, 875, 162489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162489>.
- Ramos, H.M.; McNabola, A.; López-Jiménez, P.A.; Pérez-Sánchez, M. (2020). *Smart water management towards future water sustainable networks*. *Water*, 12, 58. <https://doi.org/10.3390/w12010058>.
- Ramos, H.M.; Morani, M.C.; Carravetta, A.; Fecarrotta, O.; Adeyeye, K.; López-Jiménez, P.A.; Pérez-Sánchez, M. (2022). *New challenges towards smart systems' efficiency by digital twin in water distribution networks*. *Water*, 14, 1304. <https://doi.org/10.3390/w14081304>.
- Ramos, H.M.; Kuriqi, A.; Besharat, M.; Creaco, E.; Tasca, E.; Coronado-Hernández, O.E.; Pienika, R.; Iglesias-Rey, P. (2023a). *Smart Water Grids and Digital Twin for the Management of System Efficiency in Water Distribution Networks*. *Water*, 15, 1129. <https://doi.org/10.3390/w15061129>.
- Ramos, H.M.; Kuriqi, A.; Coronado-Hernández, O.E.; López-Jiménez, P.; Pérez-Sánchez, M. (2023b). *Are digital twins improving urban-water systems efficiency and sustainable development goals?*. *Urban Water J.* <https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2180396>.
- Ramos, H.M.; Pina, J.; Coronado-Hernández, O.E.; Pérez-Sánchez, M.; McNabola, A. (2024). *Conceptual hybrid energy model for different power potential scales: Technical and economic approaches*. *Renewable Energy*, 237, 121486 Part A. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121486>.
- Sinagra, M.; Picone, C.; Picone, P.; Aricò, C.; Tucciarelli, T.; Ramos, H.M. (2022). *Low-Head Hydropower for Energy Recovery in Wastewater Systems*. *Water*, 14, 1649. <https://doi.org/10.3390/w14101649>.

CAPÍTULO 5

QUALIDADE DA ÁGUA E DOS ECOSISTEMAS



ESTADO DA CONECTIVIDADE E QUALIDADE ECOLÓGICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PORTUGAL CONTINENTAL

José Maria Santos^{1 2}, Carla Antunes^{1 3}, Francisco Godinho^{1 4}, António Faro⁵, Paulo Pinheiro⁶, Marta Santos⁷ e Paulo Branco^{1 2}

¹ Comissão Especializada de Qualidade da Água e dos Ecossistemas (CEQAE) da APRH

² Centro de Estudos Florestais, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

³ Universidade do Algarve

⁴ Conselho Nacional da Água

⁵ Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

⁶ AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda.

⁷ Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

Introdução

Estado das massas de águas

A Diretiva Quadro da Água – DQA (Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000) estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água e foi, no essencial, transposta para a legislação nacional através da Lei da Água – LA (Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, na sua redação atual), a qual estrutura o planeamento da gestão dos recursos hídricos em ciclos de seis anos, estando-se atualmente em vigor o terceiro ciclo (2022-2027), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 62/2024, de 3 de abril. O artigo 24.º da LA estabelece que “o planeamento das águas visa fundamentar e orientar a proteção e a gestão das águas e a compatibilização das suas utilizações com as suas disponibilidades”, de forma a garantir a sua utilização sustentável e a fixar as normas de qualidade ambiental e critérios relativos ao estado das águas. A DQA/LA estabelecem um enquadramento para a proteção das águas superficiais interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas que, entre outros evite a degradação, proteja e melhore o estado dos ecossistemas aquáticos e dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente associados. Os objetivos estabelecidos devem ser alcançados através da execução de programas de medidas especificados nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH).

Para poder atuar e recuperar o estado das massas de água (MA) é fundamental a análise das pressões, atualizada em cada ciclo de planeamento, que podem ser agrupadas em: Pressões qualitativas (pontuais: cargas resultantes das rejeições de águas residuais com origem nos diversos setores de atividade e, difusas: cargas resultantes de fenómenos de lixiviação, percolação ou escorrência, provenientes de áreas urbanas e agrícolas, efluentes, indústria extrativa, entre outros); Pressões quantitativas, referentes às atividades de captação de água para fins diversos; Pressões hidromorfológicas, associadas às alterações físicas nas bacias de drenagem, nos leitos e nas margens dos cursos de água e dos estuários, com impacto nas condições morfológicas, continuidade fluvial e no regime hidrológico das massas de água destas categorias e; Pressões biológicas, associadas por exemplo à presença de espécies exóticas invasoras com impacto nas comunidades nativas.

A avaliação do estado global das MA de superfície naturais inclui a avaliação do estado ecológico e do estado químico, enquanto nas massas de água fortemente modificadas (MAFM) e artificiais (categorias: rios) é realizada através da avaliação do potencial ecológico e do estado químico. O estado ecológico traduz a qualidade da estrutura e do funcionamento dos ecossistemas aquáticos associados às águas superficiais e é expresso com base no desvio relativamente às condições de uma MA idêntica, em condições consideradas de referência, que equivalem a um estado que corresponde à presença de pressões antrópicas pouco significativas e, em que apenas ocorrem pequenas modificações físico-químicas, hidromorfológicas e biológicas. O potencial ecológico é expresso com base no desvio ao “máximo potencial ecológico”, que representa as condições biológicas e físico-químicas em que os únicos impactes nas MAFM resultam das suas características artificiais ou fortemente modificadas após a implementação de todas as medidas de mitigação que não afetem, significativamente, os usos ou o ambiente envolvente, de forma a assegurar a melhor aproximação ao *continuum* fluvial, em particular, no que respeita à migração da fauna e existência de habitats apropriados para a sua reprodução e desenvolvimento. A avaliação do estado/ potencial ecológico baseia-se na classificação de vários elementos de qualidade (biológicos, químicos e físico-químicos e hidromorfológicos de suporte), os quais variam de acordo com a categoria de massa de água.

Fragmentação das bacias hidrográficas tendo em conta a qualidade ecológica

A conectividade das redes hidrográficas é determinante para o bom funcionamento dos sistemas de água doce. Esta conectividade é caracterizada por 4 dimensões fundamentais, a dimensão longitudinal, ao longo do canal, lateral, entre o canal e as margens, vertical entre o canal e as águas subterrâneas e a temporal, ao longo do tempo (Ward e Stanford, 1995). De todas, a longitudinal é considerada a dimensão a mais importante, sobretudo para garantir a livre circulação de água, nutrientes, matéria e energia (Pringle, 2001). A construção de barreiras transversais nos cursos de água limita a conectividade longitudinal e fragmenta o sistema. Este facto é sobretudo relevante para algumas espécies de peixes que não conseguem cumprir o seu ciclo de vida se encontrarem barreiras intransponíveis nas suas migrações. Do ponto de vista do funcionamento e gestão dos sistemas de água doce, em particular da conectividade dos sistemas fluviais, a bacia hidrográfica é a unidade fundamental. Entenda-se por bacia, as unidades que integram todos os segmentos, troços entre confluências acrescidos de todos os segmentos de nascente e o troço de foz, e toda a área de drenagem que conflui para a foz do rio principal da bacia.

Na análise de conectividade longitudinal devem ser tidas em consideração todas as barreiras, naturais e artificiais, assim como a fragmentação imposta pelos regolfos das albufeiras. Todas as análises que promovem uma quantificação do impacto individual de uma barreira artificial podem ser importantes para, por exemplo, avaliar a transponibilidade para sedimentos, flora e fauna, mas nunca devem ser tidas em conta, do ponto de vista gestor, isoladamente. Para se conseguir ter uma quantificação correta da conectividade é determinante saber-se o local correto de implantação de uma barreira, natural ou artificial, bem como de todos os segmentos que são afetados pelo regolfo gerado pela barreira e onde há uma alteração para um ambiente léntico. É importante ter em conta que muitas das barreiras transversais presentes no território estão sempre dentro da área de drenagem primária de um segmento de rio, mas, à resolução normalmente usada, fora da rede hidrográfica. Isto é, não afetam diretamente nenhum segmento da rede hidrográfica, não impondo qualquer fragmentação. Não quer isto dizer que não afetem a conectividade nalguma ou em várias das suas dimensões, até porque retêm sedimentos e água, mas significa que não quebram a rede.

Usar metodologias baseadas em teoria de Grafos para determinar a conectividade de bacias hidrográficas é considerado adequado para o fazer, considerando-se para tal que um segmento é um “nó” na rede fluvial e que as confluências são as “ligações” entre nós. Ao nó corresponde uma quantidade de habitat disponível e a maneira mais comum de quantificar esse habitat em rios é qualificar o nó com o comprimento do segmento, tendo por premissa base que segmentos mais longos têm mais habitat disponível do que segmentos curtos. Esta premissa é verdadeira, mas, no entanto, é uma simplificação do problema. Tendo como objetivo central que todas as MA atinjam o bom estado/potencial ecológico, a DQA é clara ao referir que a conectividade deve ser restabelecida nos sistemas fluviais. A qualidade ecológica é afetada pela fragmentação, pelo que se for considerada como um *proxy* para a quantidade e qualidade de habitat, afeta a quantificação da conectividade do sistema. Esta interação entre conectividade e qualidade ecológica torna a quantificação de conectividade mais correta. A premissa aqui é simples, um segmento com pior qualidade ecológica tem menos disponibilidade de habitat e assim vai ser menos importante para a manutenção da conectividade da bacia do que se considerarmos apenas o seu comprimento.

Mitigação da fragmentação fluvial: dispositivos de passagens para peixes

A mitigação dos impactos da fragmentação fluvial por barreiras tornou-se uma questão-chave nos esforços de reabilitação levados a cabo nas últimas décadas, em particular na sequência da publicação da DQA. Mais recentemente, a Lei do Restauro da Natureza da União Europeia (EU), de 2024, determina que habitats com estado desfavorável devem ser restaurados e requer o restabelecimento do curso natural de rios, numa extensão de, pelo menos, 25000 km até 2030, mediante a remoção de barreiras e a reconstituição das planícies aluviais (García-Díaz *et al.*, 2022).

Embora a forma ideal de resolver o problema da fragmentação dos rios por barreiras seja a sua remoção, especialmente quando se tornam obsoletas ou estruturalmente inseguras (O'Connor *et al.*, 2015), esta ação, numa fração maioritária, revela-se inviável, pois tal remoção pode causar perda de serviços de ecossistemas (por exemplo, abastecimento de água para consumo público ou irrigação, hidroeletricidade, proteção contra cheias, turismo) ou impactos ecológicos sobre o ecossistema (Garcia de Leaniz e O'Hanley, 2022). Desta forma a implementação de soluções de engenharia, como passagens para peixes, é a ferramenta mais comum para mitigar o impacto das barreiras, desempenhando um papel importante na melhoria da conectividade longitudinal dos rios e ribeiras (Birnie-Gauvin *et al.*, 2019).

Estes dispositivos estão disponíveis em diferentes tipologias, que variam desde estruturas técnicas de engenharia, construídas de betão, a designs próximos da natureza que se encaixam esteticamente na paisagem, assemelhando-se a cursos de água naturais (Clay, 1995). A nomenclatura mais amplamente reconhecida, da FAO (DWWK, 2002), identifica 3 diferentes tipologias de dispositivos de transposição piscícola: i) passagens técnicas, ou seja, passagens de bacias sucessivas – como as passagens de orifício e/ou descarregador (POD) ou passagens de fenda vertical simples (VSF) ou dupla (MSF) – e passagens de defletores, geralmente construídas em betão e sob critérios de dimensionamento predefinidos; ii) passagens naturalizadas (e.g., rampas para peixes e *bypasses* naturalizados), geralmente específicas para cada local, empregando materiais da região e que tentam mimetizar o mais possível secções naturais de rios, e iii) passagens especiais, específicas para certas espécies (por exemplo, passagens para enguias) ou condições (por exemplo, no caso de transposição de grandes alturas, > 15m, para as quais as eclusas e os ascensores são as soluções mais adequadas). Assim, a existência de inventários atualizados de passagens para peixes é essencial para a gestão das populações de peixes e dos ecossistemas aquáticos.

Objectivos

O presente documento pretende i) apresentar o estado ecológico e potencial ecológico das MA superficiais naturais e das MAFM, respetivamente, para as várias Regiões Hidrográficas (RH) de Portugal Continental; ii) integrar a qualidade ecológica no cálculo da conectividade longitudinal de todas as bacias hidrográficas de Portugal Continental com o intuito de melhorar o cálculo da conectividade estrutural dos sistemas e de realizar a primeira quantificação de conectividade estrutural para todas as bacias hidrográficas do país e; iii) efetuar um diagnóstico das passagens para peixes em Portugal, nomeadamente catalogar o respetivo número e distribuição espacial, tipo de dispositivo, ano de construção, local de instalação, bem como analisar a respetiva tipologia de passagem em relação à implementação da DQA em Portugal. Esta informação contribuirá para melhorar a gestão das bacias hidrográficas e, consequentemente, a gestão da conectividade dos sistemas fluviais, contribuindo para o objetivo final da DQA, o bom estado/potencial ecológico.

Material e métodos

Relativamente ao estado das massas de águas, foram consultados os PGRH relativos ao 3º ciclo de planeamento (período 2022-2027 disponíveis em <https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-de-regiao-hidrografica> e consultados em fevereiro de 2025), para obter informação atualizada, e de forma muito resumida apresentar a compilação do estado ecológico e potencial ecológico das MA superficiais naturais e das MAFM (para as MA artificiais só foi estabelecido sistema de classificação no terceiro ciclo dos PGRH, APA 2023), respetivamente, para as várias RH de Portugal Continental. Sempre que na RH em análise não se referir a classificação de uma categoria de MA é porque esta não existe.

Para o cálculo da conectividade das bacias hidrográficas tendo em conta a qualidade ecológica, apenas foram consideradas bacias com valor de Strahler superior a 2. A rede hidrográfica usada foi o *CCM2 - The Catchment Characterisation and Modelling – River and Catchment database v2.1* – desenvolvida pelo *Joint Research Centre* da Comissão Europeia (Vogt *et al.*, 2007), em que os nós da análise foram os segmentos da rede de acordo com o CCM2. No que se refere aos dados da qualidade ecológica, foi usado um *proxy* - o inverso da probabilidade de não se atingir o bom estado ecológico produzido por Vigiak e colegas (Vigiak, Moinelo, *et al.*, 2021; Vigiak, Udias, *et al.*, 2021) com base em regressões logísticas múltiplas usando dados europeus disponíveis, particularmente as condições dos rios reportadas pelos Estados-Membros no segundo ciclo de relatórios dos PGRH associado à DQA (condições de 2010-2015) e indicadores de pressão hídrica europeus derivados de dados e modelos (Vigiak *et al.* 2021). As probabilidades neste conjunto de dados foram identificadas na resolução de segmentos.

No que respeita às barreiras, para o cálculo da conectividade das bacias é necessário ter informação acerca das barreiras presentes e qual a sua posição na rede hidrográfica, e para tal, as coordenadas não são suficientes. São múltiplos, aliás, os casos em que barreiras grandes, com mais de 5 metros de altura, se encontram junto ao segmento fluvial, mas não o fragmentam, sendo que qualquer alocação incorreta de barreiras a segmentos tem um impacto significativo nos resultados e pode conduzir a soluções de gestão erradas com *feedback* potencialmente negativo. Para o efeito:

- 1) Foi compilada a informação do AMBER Barrier Atlas (AMBER Consortium, 2020);
- 2) Foi compilado o Georeferenced Global Dams And Reservoirs (GeoDAR v1.1) (Wang *et al.*, 2022);
- 3) Foram sobrepostos os pontos de dados do AMBER e do GeoDAR;

- 4) Foram removidas as barreiras duplicadas, definindo uma distância de *buffer* entre os pontos de dados AMBER anteriores e os pontos adicionais do GeoDAR, variando de 250 m a 1500 m, garantindo localizações exclusivas de barragens e removendo registos duplicados em cada intervalo de distância de 250 m. Os pontos do GeoDAR fora da distância de *buffer* de 1500 m foram verificados e confirmados como novos registos de barreiras;
- 5) Foi compilado o Global geOreferenced Database of Dams (GOODD V1) (Mulligan *et al.*, 2020);
- 6) Foram sobrepostos os dados anteriores (AMBER e GeoDAR) aos pontos do GOODD e removidos registos duplicados, repetindo o mesmo processo anterior, os pontos duplicados do GOODD dentro do limite de *buffer* foram removidos. Os pontos do GOODD dentro de uma faixa de distância de 1500-3000 m foram verificados manualmente, em cada intervalo de distância de 250 m, eliminando duplicados. Os pontos acima do limite de *buffer* de 3000 m foram confirmados como barreiras únicas. Durante este processo, várias fontes de apoio, como imagens do Google Earth™, foram usadas para verificar visualmente e validar a localização espacial das barragens e os respetivos segmentos da rede de rios.
- 7) Os dados sobre barreiras naturais foram obtidos no site *European Waterfalls* (www.europeanwaterfalls.com/, 2020) e complementados pelo *World Waterfall Database* (Swan e Gross, 2012). Registos adicionais de cascatas foram inseridos manualmente por meio de uma análise de imagens aéreas (Google Earth, Google LLC., 2022);
- 8) Os dados do GeoDAR também foram utilizados para identificar os segmentos de rios do CCM2 afetados pelo regolfo criado pela presença de barreiras. Neste estudo foram consideradas 29 barreiras naturais, 1577 barreiras artificiais e 2876 segmentos de rios, sensu CCM2, afetados por regolfos de albufeiras.

A quantificação da conectividade estrutural tendo em conta a qualidade ecológica do segmento foi realizada com recurso ao Índice de Conectividade Dendrítica para espécies potamódromas (DCIp) (Cote *et al.*, 2009). O DCIp é um índice estrutural ponderado por habitat, baseado na teoria de grafos espaciais, que normalmente pondera os nós (segmentos de rios entre confluências) pelo seu comprimento. O DCIp varia entre 0 (totalmente desconectado) e 1 (totalmente conectado).

Os cálculos foram realizados utilizando o software *River Network toolkit* (RivTool) (Duarte *et al.*, 2019), mais especificamente o RivConnect (Duarte *et al.*, 2024), uma ferramenta para quantificar a conectividade da rede baseada na teoria de grafos, que depende do mecanismo de computação do *software* RivTool. No caso das bacias transfronteiriças, toda a bacia, incluindo a parte espanhola, foi considerada nos cálculos, bem como as barragens presentes em toda a bacia.

Relativamente aos dispositivos de passagem para peixes, o seu número (à data de dezembro de 2023), a bacia hidrográfica a que pertencem, o tipo de barreira sobre a qual foram construídos, bem como a respetiva tipologia e ano de construção, foram compilados a partir das bases de dados elaboradas pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) e pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e, complementados com pesquisas em documentação técnico-científica. As barreiras sobre os quais as passagens para peixes foram construídas, foram categorizadas como i) açudes (ou seja, pequenas barreiras que permitem que a água escoe sobre o topo da estrutura (Garcia de Leaniz e O'Hanley, 2022), ii) pequenas centrais hidroelétricas (PCH, ou seja, centrais com capacidade instalada < 10 MW, (WSHDR, 2016), e iii) barragens. Quanto ao tipo de passagens para peixes consideradas, foram utilizadas as seguintes categorias principais de acordo com a nomenclatura da FAO (DVWK, 2002): passagens para peixes por bacias sucessivas [com orifício e/ou descarregador (POD), com fendas verticais (VSF) ou com duplas fendas verticais (MSF)], passagens naturalizadas, ascensores e eclusas (Figura 1).



Figura 1. Tipos mais comuns de passagens para peixes abordadas: (a) POD em São Pedro do Sul; (b) VSF em Coimbra; (c) passagem naturalizada (rampa) em Palheiros; (d) ascensor para peixes em Touvedo e (e) eclusa de Borland em Crestuma.

Testes de qui-quadrado de proporções (Campbell, 2007) foram utilizados para testar diferenças significativas na i) proporção de passagens para peixes construídas antes e depois da implementação da DQA em Portugal (2005); ii) na distribuição espacial das passagens para peixes entre as bacias hidrográficas temperadas e mediterrâneas; iii) os tipos de barreiras sobre as quais as passagens para peixes foram construídas, e iv) o tipo das passagens para peixes mais comuns. Os testes foram realizados no MedCalc® Statistical Software versão 22.021 (MedCalc Software Ltd, Ostende, Bélgica; <https://www.medcalc.org>; 2025).

Seguidamente foi efetuada a análise da literatura sobre estudos de passagens para peixes em Portugal nas últimas duas décadas, entre 2002 (altura do primeiro trabalho publicado) e dezembro de 2023. A análise foi efetuada através da base de dados do *Institute for Scientific Information (ISI)*, *Web of Science (WoS)* e *Google Scholar*. Especificamente, a pesquisa no ISI WoS utilizou a base de dados WoS Core Collection e a consulta para cada tipo de passagem de peixes foi: TÓPICO= (passagem para peixes) E (tipo de passagem para peixes), onde o tipo de passagem para peixes seguiu a nomenclatura definida pela FAO (DWWK, 2002): i) bacias sucessivas por orifício e descarregador (*pool-and-weir*) ou fendas verticais (*vertical slot*), representando as passagens para peixes técnicas ii) naturalizadas (*nature-like*), representando as passagens para peixes naturalizadas, iii) ascensores (*fish lift*) e iv) eclusas (*fish lock*), com ambos estes últimos representando passagens para peixes especiais. Os artigos publicados em atas de congressos também foram incluídos no estudo, mas apenas se o seu conteúdo, ou parte dele, não fosse publicado como um artigo numa revista ISI WoS. As fontes selecionadas foram então refinadas por PAÍSES/REGIÕES= (Portugal).

Resultados

Estado das massas de águas (MA)

- **PGRH Minho e Lima (RH1)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (67%) classificadas em estado ecológico Bom. Com qualidade Inferior a Bom foram classificadas 18 MA, o que corresponde a 29% com a classificação de Razoável e 4% de Medíocre. As classes Inferiores a Bom foram sobretudo determinadas por elementos de qualidade biológicos. As MA de transição apresentam-se 28% em estado ecológico Bom e 14% em estado Medíocre, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas. As MA costeiras desta RH ficaram todas enquadradas no estado ecológico Bom.

As MAFM encontram-se integralmente classificadas como Bom e Superior (três MA rio e três MA albufeira). A MAFM da categoria transição encontra-se em potencial ecológico inferior a Bom, devido aos elementos biológicos (sapais, macroinvertebrados bentónicos e fauna piscícola).

- **PGRH Cávado, Ave e Leça (RH2)**

Cerca de 43% das MA naturais da categoria rio foram classificadas em estado ecológico Bom ou Excelente. Com qualidade Inferior a Bom foram classificadas 35 MA, 36% classificadas como Razoável, 12% Medíocre e 10% Mau. As classes inferiores a Bom foram sobretudo determinadas pelo teor em nutrientes e por elementos de qualidade biológicos, em que o parâmetro mais penalizador foi o nitrato, seguido pelo fitobentos. Relativamente às MA de transição, 50% foram classificadas em estado ecológico Bom, 25% em Razoável e 25% em Medíocre, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas.

Nas MAFM interiores, os rios encontram-se maioritariamente (75%) classificados como Bom e superior, sendo que nas classificadas como Inferior a Bom prevalecem como elementos penalizadores o parâmetro químico zinco e alguns dos biológicos, sobretudo fauna piscícola e em menor proporção os macroinvertebrados. Estas MA encontram-se sujeitas a pressões hidromorfológicas, a que se associam pressões biológicas (presença de fauna piscícola invasora) e outras pressões antrópicas que comprometem a qualidade ecológica. Nas MAFM da categoria transição 50% encontra-se em Bom potencial ecológico e 50% em potencial ecológico Inferior a Bom, devido aos elementos biológicos (sapais, macroinvertebrados bentónicos e fauna piscícola).

- **PGRH Douro (RH3)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (54%) classificadas em estado ecológico Bom ou Excelente. Com qualidade Inferior a Bom foram classificadas 164 MA, o que corresponde a 36% classificadas como Razoável, 10% Medíocre e 1% Mau. As classes Inferiores a Bom foram sobretudo determinadas pela carga em nutrientes (componente fosfatada) e elementos biológicos (fitobentos e macroinvertebrados). No que se refere às MA de transição esta RH apresenta 100% em estado ecológico Bom. Nesta RH 50% das MA costeiras encontram-se em estado Bom e 50% em estado Mau.

Nas MAFM 50% dos rios encontram-se classificados como Bom e Superior; quanto aos restantes, destacam-se, enquanto elementos mais penalizadores, os parâmetros associados às componentes fosfatada, azotada, condições de oxigenação e elementos biológicos (macroinvertebrados, fitobentos e fauna piscícola). Nas albufeiras verifica-se uma tendência (63%)

para classes de potencial ecológico inferiores a Bom, em que as penalizações resultam sobretudo do elemento biológico fitoplâncton e associadas ao nitrato, azoto total, fósforo total e nitrito. No que se refere à MAFM da categoria de transição esta encontra-se em potencial ecológico Inferior a Bom, devido aos elementos biológicos (macroinvertebrados bentónicos e fauna piscícola).

- **PGRH Vouga, Mondego e Lis (RH4A)**

No que respeita aos rios, 50% das MA naturais existentes (97) nesta RH foram classificadas em estado ecológico Bom. Com qualidade inferior a Bom também foram classificadas 97 MA, o que corresponde a cerca de 41% de MA classificadas como Razoável, 8% Medíocre e 1% Mau. As classes inferiores a Bom foram sobretudo determinadas pelo teor em nutrientes e elementos de qualidade biológicos. O parâmetro mais penalizador foi o fósforo total, seguido pelo fitobentos (diatomáceas). As MA de transição apresentam-se 17% em estado ecológico Bom, 67% Razoável e 17% Medíocre, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas. As classificações de inferior a Bom são devidas aos elementos biológicos (sapais, macroinvertebrados bentónicos, fauna piscícola). As MA costeiras encontram-se 80% em estado ecológico Excelente e 20% em Bom.

As MAFM interiores encontram-se maioritariamente (62,5%) classificadas como Bom e superior. No caso dos rios as penalizações verificadas estão sobretudo associadas ao parâmetro químico fósforo total e elementos biológicos (macroinvertebrados, fitobentos, fauna piscícola), refletindo assim as alterações hidromorfológicas e os usos que lhe estão associados. As albufeiras que não atingem o Bom potencial ecológico (3) encontram-se classificadas como Razoável devido ao elemento biológico fitoplâncton e parâmetro químico nitrito. As MAFM da categoria transição encontram-se todas em potencial ecológico Inferior a Bom, devido aos elementos biológicos sapais e macroinvertebrados bentónicos.

- **PGRH Tejo e Ribeiras do Oeste (RH5A)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (56%) classificadas em estado ecológico inferior a Bom, sobretudo pelo teor em nutrientes e por elementos de qualidade biológicos. O parâmetro mais penalizador foi o fósforo total, seguido pelos elementos biológicos (macroinvertebrados e fitobentos), devendo ainda ser mencionados outros elementos químicos (e.g., fosfato, azoto amoniacal, nitrito, CBO_5 , nitrato e azoto total), pois a carga de nutrientes afigura-se como uma das principais condicionantes da qualidade ecológica nesta RH, verificando-se igualmente a existência de indicadores de poluição associada com pecuária e/ou descargas de efluentes. As MA de transição apresentam-se 25% em estado ecológico Bom e 75% Razoável, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas.

Nas MAFM interiores predominam (73%) as MA classificadas abaixo de Bom. As principais penalizações identificadas nos rios estão relacionadas com macroinvertebrados, fósforo e fosfato, mas também fauna piscícola, fitobentos e nitritos, refletindo assim as alterações hidromorfológicas e os usos que lhe estão associados. Relativamente às albufeiras predominam (65%) as classificações inferiores a Bom e superior.

- **PGRH Sado e Mira (RH6)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (64%) classificadas em estado ecológico inferior a Bom. O maior número de penalizações encontra-se associado ao elemento biológico macroinvertebrados, seguido por fósforo total e fosfato. As MA de transição apresentam-se 78% em estado ecológico Bom e 22% em estado Razoável, o que reflete a

pressão antrópica nas zonas estuarinas. As MA costeiras desta RH encontram-se 33,3% em estado Excelente, 33,3% em estado Bom e 33,3% em estado Razoável.

As MAFM interiores encontram-se maioritariamente (88%) classificadas como inferior a Bom. As principais penalizações identificadas nos rios estão relacionadas com os elementos biológicos macroinvertebrados e fauna piscícola, parâmetros físico-químicos (sobretudo fósforo total e condutividade, mas também sólidos suspensos totais e fosfato), refletindo assim as alterações hidromorfológicas e os usos que lhe estão associados. Relativamente às albufeiras predominam (57%) as classificações de inferior a bom, penalizadas sobretudo pelo elemento biológico fitoplâncton e parâmetros químicos (sobretudo azoto total, mas também fósforo total e CBO5).

- **PGRH Guadiana (RH7)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (57%) classificadas em estado ecológico inferior a Bom, sobretudo determinadas pelos nutrientes (essencialmente fósforo total, mas também fosfato, nitrato, fitobentos, azoto total, sólidos suspensos totais e nitrito) e por elementos de qualidade biológicos, nomeadamente macroinvertebrados. As MA de transição apresentam-se 20% em estado ecológico Bom, 20% em estado Razoável, 40% em estado Mediocre e 20% em estado Mau, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas. Os elementos de qualidade responsáveis pelo estado inferior a Bom são os elementos biológicos (macroinvertebrados bentónicos, fauna piscícola, sapais, fitoplâncton). As MA costeiras desta RH encontram-se ambas em estado ecológico Razoável devido aos nutrientes, azoto amoniacal e fosfato.

As MAFM interiores encontram-se maioritariamente classificadas como inferior a Bom. As principais penalizações identificadas nos rios estão relacionadas com elementos biológicos (macroinvertebrados e fauna piscícola) e elementos químicos fósforo total, sólidos suspensos totais e nitrato, refletindo assim as alterações hidromorfológicas e os usos que lhe estão associados. Relativamente às albufeiras predominam (60%) as classificações inferiores a Bom, decorrentes das classificações do fitoplâncton e fósforo total.

- **PGRH Ribeiras do Algarve (RH8)**

As MA naturais da categoria rio foram maioritariamente (69%) classificadas em estado ecológico Bom e superior. Com qualidade inferior a Bom foram classificadas 18 MA, o que corresponde a 21% de MA classificadas como Razoável e 10% como Mediocre. As classes inferiores a Bom foram sobretudo determinadas pelos elementos de qualidade biológicos macroinvertebrados, fitobentos e fauna piscícola. As MA de transição apresentam-se 33% em estado Razoável e 67% em estado Mediocre, o que reflete a pressão antrópica nas zonas estuarinas. As MA costeiras desta RH encontram-se 70% em estado ecológico Bom e 30% em estado Razoável.

Relativamente às MAFM interiores, os rios encontram-se integralmente classificados com estado inferior a Bom e superior, sendo que as principais penalizações identificadas estão relacionadas com elementos de qualidade biológicos (macroinvertebrados e fauna piscícola).

- **Comparação entre o 2.º e o 3.º ciclo de planeamento, por Região Hidrográfica, do estado ecológico das massas de água superficiais naturais e do potencial ecológico das massas de água superficiais fortemente modificadas e artificiais**

Em síntese, na Tabela 1 para cada uma das RH referidas apresenta-se a comparação entre o 2.º ciclo (2015-2021) e o 3.º ciclo (2022-2027) de planeamento relativamente ao estado ecológico das MA superficiais naturais e do potencial ecológico das MA superficiais fortemente modificadas, por categoria.

Tabela 1. Estado ecológico das MA superficiais naturais e do potencial ecológico das MA superficiais fortemente modificadas e artificiais, por categoria, em cada Região Hidrográfica - comparação entre o 2.º ciclo (2015-2021) e o 3.º ciclo (2022-2027) de planeamento.

¹ Para as MA artificiais só foi estabelecido sistema de classificação no terceiro ciclo dos PGRH.

Região Hidráulica	MA naturais			MA fortemente modificadas				MA artificiais ¹
	Rios	Águas de Transição	Águas costeiras	Rios	Albufeiras	Águas de Transição	Águas Costeiras	Rios
RH1	↓	↑	=	↑	↑	↓	N/ aplicável	-
RH2	↓	↑	↓	↑	=	↑	N/ aplicável	-
RH3	↓	↑	=	↑	↓	↓	N/ aplicável	-
RH4	↓	↑	↑	↑	↑	↓	N/ aplicável	-
RH5	↓	=	↑	↑	↑	N/ aplicável	N/ aplicável	-
RH6	↓	↑	=	↓	↓	N/ aplicável	N/ aplicável	-
RH7	↓	=	=	↑	↓	N/ aplicável	N/ aplicável	-
RH8	↓	↓	↓	↓	=	N/ aplicável	N/ aplicável	-

Os símbolos ↓ ↑ = representam respetivamente piora, melhoria e manutenção do estado/potencial ecológico, por comparação entre os dois ciclos de planeamento.

Por comparação com os resultados obtidos no 2.º ciclo de planeamento, em todas as RH verificou-se um decréscimo na qualidade ecológica das MA naturais da categoria rio; na maioria das RH também se observa um incremento na qualidade ecológica das MA naturais da categoria Águas de Transição, ou estabilidade nas classificações obtidas entre ciclos, exceto para a RH8 em que se verifica um decréscimo. Relativamente à qualidade ecológica das Águas Costeiras observa-se estabilidade nas classificações obtidas entre ciclos, exceto na RH4 e RH5 e na RH2 e RH8 em que se verifica incremento e decréscimo, respetivamente.

No que respeita ao potencial ecológico das MAFM a situação das várias categorias nas RH, por comparação com os resultados obtidos no 2.º ciclo de planeamento, é a seguinte: na categoria Rios observa-se um incremento na maioria das RH, exceto nas RH2 e RH8 em que se verifica um decréscimo; na categoria Albufeiras observa-se um incremento em três das RH e um decréscimo também em outras três RH; na categoria Águas de Transição apenas a RH2 revela incremento.

Admite-se que a evolução observada decorre da ação conjugada das pressões existentes e de condicionantes relativas às disponibilidades hídricas, acrescido num contexto de alterações climáticas, onde merece destaque a situação da RH8, colocando os ecossistemas em situação de particular stress hídrico e diminuindo a capacidade de diluição e recuperação dos sistemas.

Fragmentação das bacias hidrográficas tendo em conta a qualidade ecológica

A Figura 2 representa as bacias hidrográficas com valor de Strahler superior a 2, bem como a localização das barreiras naturais e artificiais (>5 metros), assim como os segmentos afetados por essas barreiras. No total, foram identificadas 10 barreiras naturais, 447 barreiras artificiais e 751 segmentos afetados.

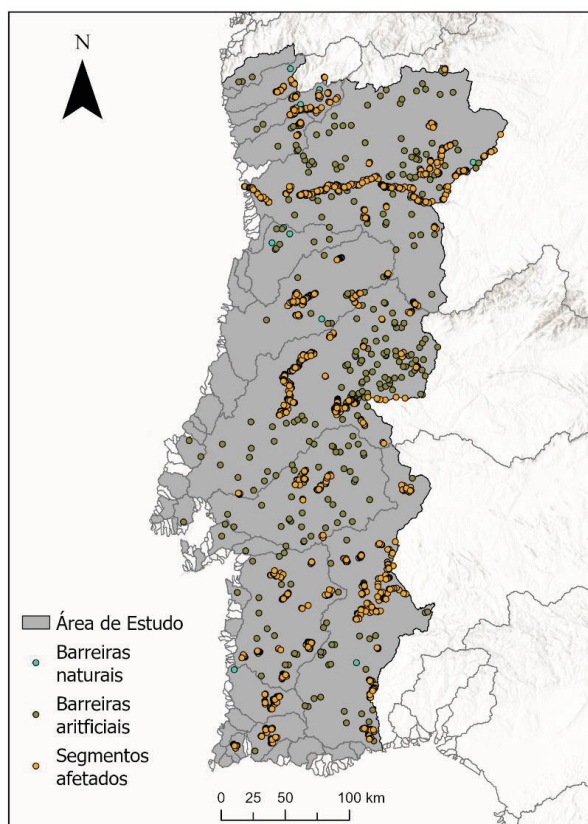


Figura 2. Mapa da área de estudo com a representação das bacias hidrográficas (*sea outlet*, sensu CCM2) de valor de Strahler superior a 2 (área a cinzento), assim como a localização das barreiras naturais (pontos a azul), barreiras artificiais (pontos a verde) e os respetivos segmentos afetados (pontos a laranja).

Na Figura 3 é possível visualizar o estado da conectividade da rede hidrográfica Portuguesa. Todas as bacias apresentam um elevado nível de fragmentação, sendo o valor médio de DCI_p igual a 0,142, o máximo registado numa bacia nacional foi 0,472 e o mínimo foi 0,003. Consta-se igualmente que as bacias internacionais estão entre as mais afetadas, bem como algumas pequenas bacias costeiras. As bacias da costa Oeste Algarvia são as que apresentam menor fragmentação.

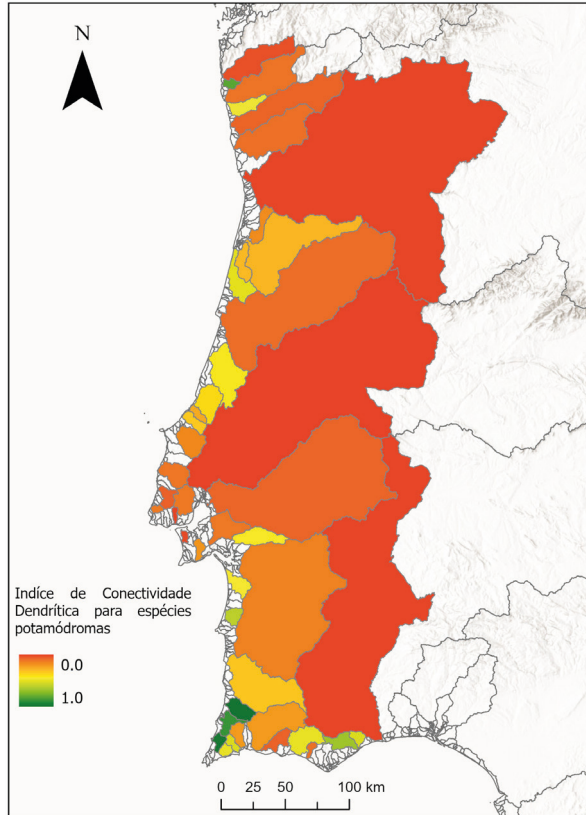


Figura. 3. Mapa da área de estudo (Portugal Continental¹) com as bacias hidrográficas (*sea outlet*, sensu CCM2) com valor de *Strahler* maior do que 2 representadas de acordo com a conectividade estrutural ponderada pela qualidade ecológica.

¹ Para as bacias internacionais, apenas a porção nacional é representada, mas a totalidade da bacia bem como das barreiras (incluindo a porção espanhola) foi tida em conta na quantificação de conectividade

Mitigação da fragmentação fluvial: dispositivos de passagens para peixes

Foram identificados um universo de 95 dispositivos de transposição para peixes construídos desde 1950 até dezembro de 2023 (Figura 4), representando uma densidade de 0,010 passagens para peixes/km², valor idêntico ao correspondente espanhol (0,012 passagens para peixes/km²), onde 612 passagens para peixes estão catalogadas (Sanz-Ronda, comunicação pessoal). Metade das passagens para peixes foram construídas antes da implementação da DQA em Portugal (2005), enquanto a outra metade foi construída depois, portanto, sem significância entre as proporções ($\chi^2 = 0,009$, $P > 0,05$). No entanto, a taxa de construção de tais dispositivos triplicou do período pré-DQA (0,85 passagens para peixes/ano) para o pós-DQA (2,66 passagens para peixes/ano).

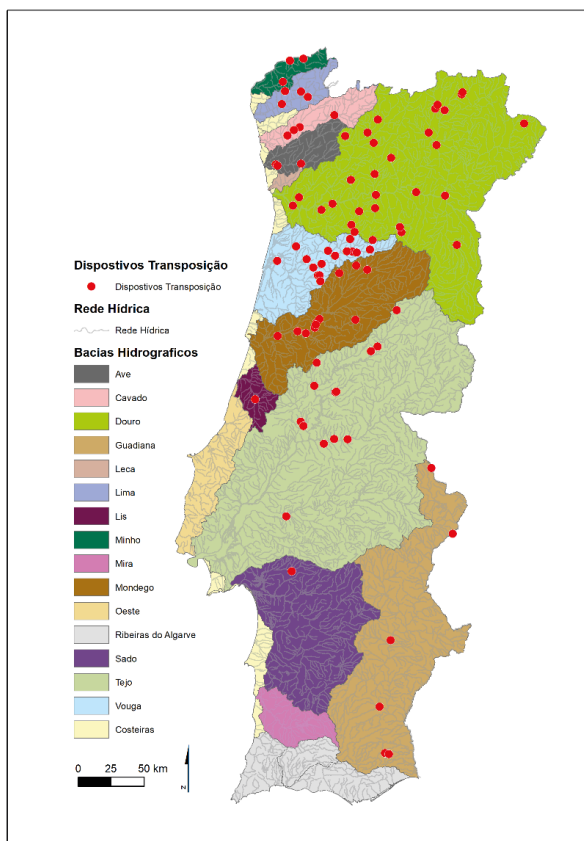


Figura 4. Mapa dos 95 dispositivos de transposição para peixes em Portugal (alguns pontos estão sobrepostos devido à proximidade).

A distribuição das passagens para peixes pelo território não se revelou uniforme: 78,9% encontram-se localizadas nas bacias do norte e centro, enquanto as restantes 21,1% na fração sul do país, inseridos nas bacias hidrográficas dos rios Tejo, Sado e Guadiana, onde prevalecem os rios de cariz tipicamente mediterrânico ($\chi^2 = 23,51$, $P < 0,01$). As passagens para peixes foram construídas em diferentes tipos de barreiras fluviais, nomeadamente PCH (46,3%), açudes (43,2%) e barragens (10,5%), com diferenças significativas nas proporções entre os primeiros e os últimos ($\chi^2 = 4,28$, $P < 0,05$). Quanto à tipologia das passagens para peixes, as passagens de bacias sucessivas são as mais frequentemente ($n = 65$, 68,4%), seguidas pelas passagens naturalizadas ($n = 15$, 15,8%), eclusas e sistemas combinados ($n = 6$, 6,3%), ascensores ($n = 2$, 2,1%) e passagens para enguias (apenas um dispositivo, 1,1%). Diferenças significativas entre estas proporções foram encontradas para as passagens de bacias sucessivas quando comparadas com as restantes tipologias (testes χ^2 , $P < 0,05$), não tendo sido realizado teste para elevadores e passagens para enguias, devido aos tamanhos de amostra muito baixos. Todas as eclusas e ascensores foram construídos antes da implementação da DQA, particularmente durante as décadas de 70 e 80 do século passado (75%). Em contraste, a generalidade das passagens naturalizadas ($n = 13$, 86,7%) foram construídas após a implementação da DQA ($\chi^2 = 4,91$, $P < 0,05$).

Discussão

O estado das MA decorre da ação conjugada das pressões existentes e de condicionantes relativas às disponibilidades hídricas, evidenciando-se o atual contexto de alterações climáticas.

Comparando as classificações de qualidade ecológica do segundo e terceiro ciclos de planeamento, verifica-se um decréscimo generalizado do Bom estado na categoria Rios, um incremento ou estabilidade na categoria Águas de Transição, nas classificações obtidas entre ciclos, exceto para a RH8 em que se verifica um decréscimo. Quanto às Águas Costeiras existe estabilidade nas classificações obtidas em quatro RH, por oposição às RH4 e RH5 onde se verifica um incremento do Bom Estado e, nas RH2 e RH8 onde se verifica um decréscimo.

No que respeita ao potencial ecológico das MAFM observa-se um incremento na categoria Rios na maioria das RH, exceto nas RH2 e RH8 em que se verifica um decréscimo do número de MA com Bom Potencial. Nas MAFM do tipo Albufeiras observa-se um incremento das MA com Bom Potencial em três das RH e um decréscimo em outras três RH, enquanto na categoria Águas de Transição apenas a RH2 revela incremento.

Todas as bacias hidrográficas nacionais apresentam um elevado grau de fragmentação potenciado pela combinação de fragmentação artificial e pela degradação da qualidade ecológica, sensu DQA. Num país com severas assimetrias no que toca às disponibilidades hídricas, com muitas bacias com clima mediterrânico torna a situação muito preocupante, agravado pelo facto de sermos um país em que o impacto projetado das alterações climáticas será expressivo (Calvin *et al.*, 2023). As comunidades ictícas nacionais são pouco diversas, mas apresentam um elevado grau de endemismo (Mameri *et al.*, 2025), e encontram-se entre as mais vulneráveis da Europa com a maioria das espécies tendo um estatuto de ameaça de acordo com a IUCN: União Internacional para a Conservação da Natureza (Branco *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2021). É urgente promover a adoção de medidas de gestão dos sistemas fluviais com vista a aumentar e melhorar a sua conectividade. Quando tal não seja viável por via da remoção (total ou parcial) das barreiras existentes, devem ser implementadas soluções para a sua transponibilidade, que poderão passar pela construção de dispositivos de passagem para peixes ou pela beneficiação dos existentes. Em simultâneo deve ser efetuado uma avaliação regular do funcionamento dos dispositivos instalados,

garantindo a sua manutenção e conservação e, sempre que possível, concretizando a monitorização da sua eficácia com recurso a metodologias e meios proporcionais ao impacto da barreira em causa. É de notar que embora haja um elevado número de barreiras à conectividade fluvial em Portugal, apenas existem 95 dispositivos de transposição.

De toda a literatura da WoS que abordou passagens para peixes em Portugal, quase três quartos dos trabalhos (73,6%) focaram-se em passagens para peixes do tipo bacias sucessivas, que são também o tipo mais comum de dispositivos (68,4%) encontrados em obstáculos fluviais. O mesmo cenário pode ser encontrado noutros países europeus e, em todo o mundo (Hatry *et al.*, 2013; Larinier, 2008; Pompeu *et al.*, 2012), onde tais dispositivos são os predominantes para promover a transposição piscícola. No entanto, apesar da sua implementação generalizada e da existência de diretrizes bem conhecidas para o seu dimensionamento, o desempenho destes dispositivos permaneceu pouco compreendido até ao final dos anos 90, conduzindo a situações de eficiência de transposição piscícola bastante baixas (Noonan *et al.*, 2012). Os trabalhos realizados nos últimos 20 anos contribuíram para desenvolver e adquirir novos conhecimentos sobre estes tipos de passagens, utilizando métodos complementares como monitorização biológica por vídeo-gração ou marcação de peixes (sobretudo com recurso a diferentes tipos de telemetria: PIT-tags, rádio e EMG), em conjunto com modelação numérica 3D do escoamento. O uso destas metodologias permitiu obter conhecimentos essenciais sobre a ecologia migratória das espécies em condições reais de campo e perceber como é que os peixes interagem com as variáveis hidráulicas chave em diferentes configurações. Estes novos conhecimentos permitiram identificar áreas críticas para a passagem dos peixes, bem como as configurações que maximizaram o sucesso da passagem, minimizando o tempo de transposição.

Os resultados mais importantes obtidos nestes tipo de dispositivos revelaram que: i) os peixes preferiram claramente a passagem pelos orifícios face aos descarregadores (Branco *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2009), sobretudo quando os primeiros são colocados num alinhamento alternado em passagens de bacias sucessivas por orifício e descarregador (Silva *et al.*, 2012); ii) sempre que possível, neste tipo de dispositivos, o caudal através dos descarregadores deve manter-se afogado para facilitar a transposição dos peixes pelos mesmos (Branco *et al.*, 2013); iii) as tensões de *Reynolds* destacaram-se como a variável hidráulica mais importante que influencia a passagem dos peixes (Silva *et al.*, 2011); iv) a colocação de macrorugosidades (por exemplo, blocos) no fundo destes dispositivos, juntamente com o aumento de caudal, pode atenuar as tensões de *Reynolds* e reduzir a turbulência, criando microcanais favoráveis aos peixes para a progressão para montante, reduzindo o tempo de transposição (Santos *et al.*, 2014); v) nas passagens com fendas verticais (VSF), devem ser preferidas configurações com um único defletor lateral em detrimento daquelas com um defletor central e um lateral, que são menos eficientes (Romão *et al.*, 2017); e vi) passagens com fendas verticais duplas (MSF) revelaram ser mais eficientes em termos da quantidade de caudal necessário para manter a mesma profundidade da água face às configurações tradicionais (VSF), e simultaneamente menos desafiadoras e seletivas para as espécies/peixes de pequena dimensão, devendo ser preferidas em detrimento destas últimas, particularmente em regiões propensas à escassez de água (Quaresma *et al.*, 2018; Romão *et al.*, 2018).

Algumas destas medidas têm vindo a ser concretizadas na construção de novos dispositivos, como a colocação de macrorugosidades no fundo das passagens de bacias sucessivas; tem-se ainda registado uma alteração das passagens de bacias sucessivas por orifício e descarregador para passagens do tipo fenda vertical, que acomodam melhor os movimentos das espécies e são menos sensíveis às variações nos níveis de água a montante.

As passagens naturalizadas foram o segundo tipo mais abundante em Portugal, representando 15,8% de todos os dispositivos. Esta proporção está alinhada com o número de estudos publicados sobre este tipo de passagens, ou seja, 5 em 37 estudos (13,5%). Destes, apenas 1 (Santos *et al.*, 2005) abordou a monitorização de campo de uma passagem naturalizada, nomeadamente um *bypass*, e as suas principais conclusões apoiaram a utilidade destes dispositivos como potenciais projetos de restauro de rios, uma vez que não só forneceram um corredor de migração para a fauna piscícola presente, mas também disponibilizam habitat para as comunidades faunísticas locais. Estes dispositivos são tipicamente construídos com inclinações muito baixas ($< 5\%$), o que melhora o desempenho da passagem, especialmente para espécies de pequeno tamanho e para as que possuem menor capacidade de natação. No entanto, um declive demasiado baixo pode ser insuficiente para atrair eficazmente os peixes para a respetiva entrada. Estudos experimentais mostraram que a eficiência da passagem de peixes atinge o máximo com um declive intermédio (20%), tornando-as mais atraentes e económicas, pois requerem uma menor área de construção (Amaral *et al.*, 2019). A transponibilidade destes dispositivos pode vir a diminuir com as mudanças climáticas previstas, podendo vir a ser necessário em alguns casos, nomeadamente em pequenas barreiras, efetuar um rebaixamento das mesmas para fazer face a tais condições (Mameri *et al.*, 2021).

No entanto, nem as passagens de bacias sucessivas nem as naturalizadas são soluções adequadas quando o objetivo é permitir a passagem de peixes sobre barreiras de dimensão expressiva, como grandes barragens (> 15 m). Nestes casos, os ascensores e as eclusas são os únicos dispositivos viáveis, embora sejam muito menos comuns, particularmente os primeiros, com apenas dois dispositivos identificados (representando 2,1%), o que está de acordo com as estatísticas globais. Apesar da sua baixa representatividade, quatro trabalhos (10,8%) foram publicados sobre a monitorização – contínua por vídeo (semelhante à que está presentemente a ser feita nas eclusas do Douro) – do ascensor de peixes de Touvedo, associada a amostras mensais de pesca elétrica a jusante, permitindo obter resultados importantes para a gestão de passagens de peixes através deste tipo de barreiras (Mameri *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2016). Os resultados permitiram conhecer os padrões migratórios sazonais e diários das principais espécies piscícolas, nomeadamente a enguia-europeia (*Anguilla anguilla*), ciprinídeos e leuciscídeos, que migram principalmente no verão ao início do outono, bem como identificar as principais variáveis ambientais (nomeadamente o caudal, a fase da Lua e a temperatura da água) que influenciam a migração (Mameri *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2016). Os resultados também demonstraram que a passagem de peixes variou de acordo com diferentes magnitudes dos caudais turbinados, em função das respetivas capacidades natatórias. Em termos estruturais, a redução da largura das barras de retenção do ascensor de peixes, contribuiu para a diminuição da fuga de exemplares de menor dimensão de enguia-europeia, aumentando a viabilidade de utilização deste dispositivo para os indivíduos de menor dimensão desta e de outras espécies (Santos *et al.*, 2016).

Globalmente, os trabalhos realizados nos últimos 20 anos reuniram informações muito relevantes para a otimização da eficácia das passagens para peixes das espécies ibéricas. Parte dos resultados obtidos têm sido aplicados na construção de novos dispositivos ou na melhoria dos já existentes. Este conhecimento pode contribuir significativamente para a gestão das bacias hidrográficas e das comunidades piscícolas, permitindo que as ações de melhoria da conectividade sejam mais eficazes e, assim, concorram para o cumprimento da DQA.

A avaliação aqui reportada representou a primeira tentativa de quantificação da fragmentação fluvial para todas as bacias hidrográficas nacionais, entrando simultaneamente em conta com as barreiras naturais, artificiais e o efeito de barreira ecológica criado pelos regolfos das barragens. Considerou ainda a qualidade ecológica, sensu DQA, como um *proxy* para

a redução da disponibilidade de habitat nos rios. Por outro lado, disponibilizou o ponto de situação no que se refere aos dispositivos de passagens para peixes nas bacias nacionais, enquadrando-as na respetiva tipologia e contexto face à data de implementação da DQA em Portugal. Esta informação é crucial para ajudar a tomar decisões informadas sobre onde investir em novas passagens para peixes ou melhorar as existentes, garantindo que os recursos sejam alocados de forma eficiente, maximizando os benefícios ecológicos enquanto minimizam os custos. Espera-se que este seja um contributo determinante de alerta para elevada fragmentação que os sistemas de água doce portugueses apresentam.

Agradecimentos

Parte deste trabalho foi financiado com verbas da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do projeto “Dammed Fish: Impacto da perda de conectividade estrutural e funcional de redes hidrográficas na biodiversidade piscícola – otimizando soluções de gestão (PTDC/CTA-AMB/4086/2021)”.

Referências Bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2023). Critérios para a Classificação das Massas de Água. APA: DRH/DEQA
- Birnie-Gauvin, K., Franklin, P., Wilkes, M., & Aarestrup, K. (2019). Moving beyond fitting fish into equations: Progressing the fish passage debate in the Anthropocene. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(7), 1095–1105.
- Branco, P., Santos, J. M., Katopodis, C., Pinheiro, A., & Ferreira, M. T. (2013). Pool-Type Fishways: Two Different Morpho-Ecological Cyprinid Species Facing Plunging and Streaming Flows. *PLoS ONE*, 8(5), e65089.
- Branco, P., Segurado, P., Costa, M. J., Teixeira, A., Santos, J. M., Ferreira, M. T., & Duarte, G. (2021). Knowledge Gaps in the Definition of Threats for the Red List Assessment of European Freshwater-Dependent Fish Species. *Biology*, 10(7), Article 7.
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Péan, C. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).*
- Campbell, I. (2007). Chi-squared and Fisher–Irwin tests of two-by-two tables with small sample recommendations. *Statistics in Medicine*, 26(19), 3661–3675.
- Campbell, I. (2007). Chi-squared and Fisher–Irwin tests of two-by-two tables with small sample recommendations. *Statistics in Medicine*, 26(19), 3661–3675.
- Clay, C. H. (1995). *Design of Fishways and Other Fish Facilities* (2nd edition). CRC Press.
- Costa, M. J., Duarte, G., Segurado, P., & Branco, P. (2021). Major threats to European freshwater fish species. *Science of The Total Environment*, 797, 149105.
- Cote, D., Kehler, D. G., Bourne, C., & Wiersma, Y. F. (2009). A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landscape Ecology*, 24(1), 101–113.

- Duarte, G., Leite, T., Mameri, D., Segurado, P., Ferreira, M. T., & Branco, P. (2024). *RivConnect (beta version)*.
- Duarte, G., Segurado, P., Oliveira, T., Haidvogel, G., Pont, D., Ferreira, M. T., & Branco, P. (2019). The River Network Toolkit – RivTool. *Ecography*, 42(3), 549–557.
- DVWK. (2002). *Fish passes. Design, dimensions and monitoring*. FAO/DVWK.
- García de Leaniz, C., & O'Hanley, J. R. (2022). Operational methods for prioritizing the removal of river barriers: Synthesis and guidance. *Science of The Total Environment*, 848, 157471.
- García-Díaz, P., Montti, L., Powell, P. A., Phimister, E., Pizarro, J. C., Fasola, L., Langdon, B., Pauchard, A., Raffo, E., Bastías, J., Damasceno, G., Fidelis, A., Huerta, M. F., Linardaki, E., Moyano, J., Núñez, M. A., Ortiz, M. I., Rodríguez-Jorquera, I., Roesler, I., ... Lamin, X. (2022). Identifying Priorities, Targets, and Actions for the Long-term Social and Ecological Management of Invasive Non-Native Species. *Environmental Management*, 69(1), 140–153.
- Hatry, C., Binder, T. R., Thiem, J. D., Hasler, C. T., Smokorowski, K. E., Clarke, K. D., Katopodis, C., & Cooke, S. J. (2013). The status of fishways in Canada: Trends identified using the national CanFishPass database. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 23(3), 271–281.
- Lariniér, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France. *Hydrobiologia*, 609(1), 97–108.
- Mameri, D., Duarte, G., Cabo, J., Figueira, R., Segurado, P., Santos, J. M., Ferreira, M. T., & Branco, P. (2025). *RivFISH Maps – Presence of freshwater fish species in European river basins*. <https://zenodo.org/records/14884103>
- Mameri, D., Rivaes, R., Ferreira, M. T., Schmutz, S., & Santos, J. M. (2021). Climate Change Effects on Fish Passability across a Rock Weir in a Mediterranean River. *Water*, 13(19), Article 19.
- Mameri, D., Rivaes, R., Oliveira, J. M., Pádua, J., Ferreira, M. T., & Santos, J. M. (2020). Passability of Potamodromous Species through a Fish Lift at a Large Hydropower Plant (Touvedo, Portugal). *Sustainability*, 12(1), Article 1.
- Mulligan, M., van Soesbergen, A., & Sáenz, L. (2020). GOODD, a global dataset of more than 38,000 georeferenced dams. *Scientific Data*, 7(1), 31.
- Noonan, M. J., Grant, J. W. A., & Jackson, C. D. (2012). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*, 13(4), 450–464.
- O'Connor, C. M., Reddon, A. R., Ligocki, I. Y., Hellmann, J. K., Garvy, K. A., Marsh-Rollo, S. E., Hamilton, I. M., & Balshine, S. (2015). Motivation but not body size influences territorial contest dynamics in a wild cichlid fish. *Animal Behaviour*, 107, 19–29.
- Pompeu, P. S., Agostinho, A. A., & Pelicice, F. M. (2012). Existing and Future Challenges: The Concept of Successful Fish Passage in South America. *River Research and Applications*, 28(4), 504–512.
- Pringle, C. M. (2001). Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*, 11(4), 981-998.

- Quaresma, A. L., Romão, F., Branco, P., Ferreira, M. T., & Pinheiro, A. N. (2018). Multi slot versus single slot pool-type fishways: A modelling approach to compare hydrodynamics. *Ecological Engineering*, 122, 197–206.
- Romão, F., Branco, P., Quaresma, A. L., Amaral, S. D., & Pinheiro, A. N. (2018). Effectiveness of a multi-slot vertical slot fishway versus a standard vertical slot fishway for potamodromous cyprinids. *Hydrobiologia*, 816(1), 153–163.
- Romão, F., Quaresma, A. L., Branco, P., Santos, J. M., Amaral, S., Ferreira, M. T., Katopodis, C., & Pinheiro, A. N. (2017). Passage performance of two cyprinids with different ecological traits in a fishway with distinct vertical slot configurations. *Ecological Engineering*, 105, 180–188.
- Santos, J. M., Branco, P., Katopodis, C., Ferreira, T., & Pinheiro, A. (2014). Retrofitting pool-and-weir fishways to improve passage performance of benthic fishes: Effect of boulder density and fishway discharge. *Ecological Engineering*, 73, 335–344.
- Santos, J. M., Ferreira, M. T., Godinho, F. N., & Bochechas, J. (2005). Efficacy of a nature-like bypass channel in a Portuguese lowland river. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(5), 381–388.
- Santos, J. M., Rivaes, R., Oliveira, J., & Ferreira, T. (2016). Improving yellow eel upstream movements with fish lifts. *Journal of Ecohydraulics*, 1(1–2), 50–61.
- Silva, A. T., Santos, J. M., Ferreira, M. T., Pinheiro, A. N., & Katopodis, C. (2011). Effects of water velocity and turbulence on the behaviour of Iberian barbel (*Luciobarbus bocagei*, Steindachner 1864) in an experimental pool-type fishway. *River Research and Applications*, 27(3), 360–373.
- Silva, A. T., Santos, J. M., Ferreira, M. T., Pinheiro, A. N., & Katopodis, C. (2012). Passage efficiency of offset and straight orifices for upstream movements of Iberian barbel in a pool-type fishway. *River Research and Applications*, 28(5), 529–542.
- Silva, A. T., Santos, J. M., Franco, A. C., Ferreira, M. T., & Pinheiro, A. N. (2009). Selection of Iberian barbel *Barbus bocagei* (Steindachner, 1864) for orifices and notches upon different hydraulic configurations in an experimental pool-type fishway. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(2), 173–177.
- Swan, B., & Gross, D. (2012). World Waterfall Database.
- Vigiak, O., Moinelo, A. U., Pistocchi, A., Zanni, M., Aloe, A., & Grizzetti, B. (2021). *European River conditions: Probability of failing to achieve good ecological status, or being impacted by nutrient and organic pollution (v. 1.0)*.
- Vigiak, O., Udias, A., Pistocchi, A., Zanni, M., Aloe, A., & Grizzetti, B. (2021). Probability maps of anthropogenic impacts affecting ecological status in European rivers. *Ecological Indicators*, 126, 107684.
- Vogt, J., Soille, P., De, J. A., Rimaviciute, E., Mehl, W., Foisneau, S., Bodis, K., Dusart, J., Paracchini, M.-L., Haastруп, P., & Bamps, C. (2007). *A pan-European River and Catchment Database*. JRC Publications Repository.
- Wang, J., Walter, B. A., Yao, F., Song, C., Ding, M., Maroof, A. S., Zhu, J., Fan, C., McAlister, J. M., Sikder, S., Sheng, Y., Allen, G. H., Crétau, J.-F., & Wada, Y. (2022). GeoDAR: Georeferenced global dams and reservoirs dataset for bridging attributes and geolocations. *Earth System Science Data*, 14(4), 1869–1899.
- Ward, J. V., Stanford, J. A. (1995). The serial discontinuity concept: Extending the model to floodplain rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 10, 159–168.

CAPÍTULO 6

ZONAS COSTEIRAS E DO MAR



GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS E MAR EM PORTUGAL – RETROSPETIVAS E PRESPECTIVAS

Ana Carla Garcia¹, Carlos Coelho², Filipa Oliveira³, José Luís Pinho⁴, José S. Antunes do Carmo⁵, Luciana das Neves⁶, Paulo Rosa-Santos⁶, Ramiro Neves⁷ e Rui Lança⁸

¹ SEAPOWEE – Associação para o Desenvolvimento da Economia do Mar.

² Universidade de Aveiro.

³ LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

⁴ Universidade do Minho.

⁵ Universidade de Coimbra.

⁶ Universidade do Porto

⁷ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

⁸ Universidade do Algarve.

O que andamos para aqui chegar

José Simão Antunes do Carmo

Presidência da Comissão Especializada das Zonas Costeiras e do Mar (CEZCM) da APRH entre 2002 e 2009 e 2015

Mudança de Paradigma na gestão dos Recursos Hídricos

No período compreendido entre meados dos anos 90 e meados da primeira década dos anos 2000 viveram-se grandes transformações na gestão dos recursos hídricos em Portugal. A integração de conceitos ligados ao desenvolvimento sustentável, e o aparecimento da figura dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOCs), planos específicos para a zona costeira elaborados ao abrigo do Decreto-Lei nº 309/93, de 2 setembro, evidencia uma clara preocupação com o planeamento integrado da então designada orla costeira.

Embora alguns dos POOCs se tenham iniciado em 1994, só a partir de 1998 começaram a ser aprovados em sede de Conselho de Ministros. Com o desenvolvimento destes Planos, foi possível:

- Efetuar um levantamento exaustivo das características biofísicas, económicas, sociais e culturais de todo a zona costeira;
- Proceder à recolha de informação técnica e científica dispersa por diversas instituições, da administração pública, mas também, das instituições de investigação (como universidades e institutos);
- Desenvolver novas metodologias de planeamento e ordenamento, uma vez que não havia ainda experiência de “trabalhar” num território com características tão específicas como este.

No entanto, importa sublinhar que os POOCs não abrangeram as áreas sob jurisdição portuária, nem os estuários.

Entretanto, foi definido o sistema de ordenamento e gestão territorial, em Portugal, pelo Decreto-Lei nº 380/99, de 22 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 310/2003, de 10 de dezembro.

É justo relembrar que os mesmos princípios de uma gestão integrada da zona costeira foram consubstanciados na Recomendação Europeia 2002/413/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2002, apontando para:

- Perspetivas de longo prazo;
- Perspetivas temática e geográfica amplas;
- Gestão adaptativa durante um processo gradual que facilite os ajustamentos em função da evolução dos problemas e dos conhecimentos;
- Favorecimento dos processos naturais e respeito pela capacidade dos ecossistemas;
- Envolvimento de todas as partes interessadas no processo de gestão;
- Apoio e envolvimento de todas as entidades administrativas competentes a nível nacional, regional ou local;
- Utilização de uma combinação de instrumentos concebidos para facilitar a coerência entre o planeamento e a gestão.

Também por essa altura, nos anos de 1997 a 2001, foram elaborados os Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) ao abrigo do Decreto-Lei nº 45/94, de 22 de fevereiro.

Por necessidade de cumprimento de prazos apertados, por insuficiente abrangência territorial dos PBHs e por desconhecimento das situações de referência, esta primeira geração de PBHs não conduziu aos esperados modelos de gestão integrada. Basicamente, os Planos elaborados limitaram-se ao diagnóstico de inventários (i) das disponibilidades de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, (ii) dos ecossistemas aquáticos e zonas húmidas, (iii) das infraestruturas hidráulicas e de saneamento básico, (iv) dos sítios de interesse patrimonial e arqueológico, e (v) de identificação de zonas e situações de risco.

As insuficiências registadas permitiram reconhecer a necessidade de integrar as complexas interações terra-mar nos Planos de Gestão, e com um nível geográfico suficientemente alargado, de modo a serem contempladas ocorrências de acontecimentos extremos que conduzem, inevitavelmente, a processos erosivos e a consequentes modificações da linha de costa, a intrusões salinas, à contaminação de aquíferos e a importantes impactos biológicos sobre habitats costeiros.

Tais princípios conduziram ao estabelecimento das bases e do quadro institucional para a gestão sustentável das águas, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, através da Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, conhecida como Lei da Água. Esta Lei cria as Regiões Hidrográficas e caracteriza, entre outros, os Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH) - instrumentos de planeamento que têm por objetivo constituírem-se como base de suporte à gestão, à proteção e à valorização ambiental, social e económica das águas.

Foi neste contexto que em meados de 2001 se deu início à criação da Comissão Especializada da Zona Costeira (CEZC), através da discussão de uma proposta de Princípios Orientadores da Atividade da CEZC apresentada ao Conselho Geral da APRH.

Por razões que se prendiam com as atividades e intervenções passadas da APRH fundamentalmente dirigidas para a valorização e sustentabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e dos ecossistemas aquáticos e zonas

húmidas de água doce, a proposta de criação da CEZC não recolheu imediato consenso, tendo sido objeto de amplas discussões ao longo de cerca de um ano.

É claro que as recomendações e o quadro normativo europeu que foi sendo sucessivamente atualizado, transposto e adaptado para a ordem jurídica nacional, ajudaram a que a CEZC merecesse finalmente aprovação consensual no Conselho Geral da APRH. E assim nasceu a Comissão Especializada da Zona Costeira da APRH, hoje Comissão Especializada das Zonas Costeiras e do Mar (CEZCM).

Ramiro Neves

Presidência da CEZCM-APRH entre 2016 e 2018

Em 2015 a CEZC alargou a sua área de atividade das zonas costeiras para incluir o Mar, acompanhando as tendências subjacentes à chamada Economia Azul, e passou a designar-se CEZCM, de modo a evidenciar o objetivo de contribuir para a exploração sustentável dos recursos marinhos e para o aproveitamento das oportunidades criadas pela extensão da plataforma continental portuguesa, promovendo a disseminação de conhecimento e tecnologia.

A APRH teve papel determinante na modernização da gestão dos recursos hídricos e da Indústria da Água em Portugal. A CEZCM pretende contribuir para que a APRH desempenhe papel semelhante nas zonas costeiras contribuindo para a criação de soluções requeridas pela indústria do turismo, navegação e produção de alimento, com ênfase para a aquacultura.

Para responder a estes objetivos a CEZCM serviu-se da Revista de Gestão Integrada de Zonas Costeiras e do Congresso sobre Planeamento e Gestão de Zonas Costeiras nos Países de Expressão Portuguesa, alargando o seu âmbito ao Mar. A CEZCM promoveu ainda a realização de uma workshop sobre economia do mar.

Neste biénio a CEZCM adotou a realização de reuniões remotas. Este formato facilitou a constituição de uma comissão mais representativa do território nacional, deixando a centralidade de Lisboa de ser relevante para a realização de reuniões e consequentemente deixando de influenciar constituição da comissão.

A principal dificuldade encontrada pela CEZCM foi a desmobilização da comunidade técnico-científica. A associação da comissão à dinâmica sedimentar e à Engenharia costeira foram diagnosticadas como a principal causa da dificuldade de mobilização, embora o Congresso consiga mobilizar uma comunidade mais alargada.

Carlos Coelho

Presidência da CEZCM-APRH entre 2018 e 2021

Entre 2018 e 2021, a Comissão Especializada das Zonas Costeiras e do Mar deu relevo ao tema do IX congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, que decorreu em Lisboa, em Maio de 2019. O tema principal do evento foi: “Os desafios para a próxima década: monitorização e adaptação”, motivando o

interesse no desenvolvimento sustentável das zonas costeiras de todos os países de expressão portuguesa. Alguns dos temas específicos abordados durante o congresso resumem também as principais preocupações de quem trabalhou as zonas costeiras e o mar, entre 2018 e 2021:

- Avaliação de custo-benefício de intervenções costeiras;
- Usos e pressões na zona costeira;
- Vulnerabilidade e risco nas orlas costeiras;
- Processos físicos e evolução da linha de costa;
- Governança da zona costeira;
- Monitorização e modelação nas zonas costeiras;
- Adaptação das zonas costeiras às alterações climáticas;
- Portos e zonas costeiras adjacentes;
- Gestão das bacias hidrográficas e impactos nas zonas costeiras.

Serve esta síntese para realçar que a questão da monitorização se desenvolveu de forma significativa neste período, resultado do arranque do programa COSMO, implementado pela Agência Portuguesa do Ambiente, onde se incluem levantamentos topográficos e hidrográficos aplicados a uma série de locais previamente selecionados, que representam maior vulnerabilidade e exposição de pessoas e bens ao perigo de erosão, galgamentos e inundações costeiras. Os primeiros levantamentos desenvolvidos no âmbito do COSMO foram realizados em Maio de 2018. Espera-se que esta iniciativa tenha continuidade por longos anos, beneficiando o conhecimento sobre as zonas costeiras de Portugal.

Outro assunto que gerou discussão e mereceu destaque foi a questão das dragagens, muito relacionada com a intervenção que decorreu na Ria de Aveiro, a cargo da Polis Litoral da Ria de Aveiro. A consignação da “Empreitada de Transposição de Sedimentos para Otimização do Equilíbrio Hidrodinâmico na Ria de Aveiro” (também designada por Desassoreamento na Ria de Aveiro) ocorreu a 23 de Abril de 2019. A 24/10/2019, numa organização da CEZCM, foi efetuada uma visita à obra de dragagem, onde foi possível ver as operações em curso numa das frentes de trabalho. A empreitada englobou a dragagem de 95 km de canais ao longo da ria. Relacionada com esta intervenção, a CEZCM aproveitou para discutir questões da hidrodinâmica da Ria de Aveiro e da reposição do equilíbrio na dinâmica sedimentar, não só na Ria de Aveiro, mas em todo o litoral arenoso da costa portuguesa.

No período 2018-2021, a CEZCM publicou ainda diversos artigos de opinião, que realçaram em particular os temas da “Monitorização dos processos costeiros: resposta possível num cenário de incerteza e base para soluções inovadoras de defesa” e “Desafios para a Adaptação do Litoral às Alterações Climáticas”, cuja atualidade e pertinência se continua a destacar.

José Pinho

Presidência da CEZCM-APRH entre 2021 e 2022

Tive o privilégio de presidir à CEZCM da APRH nos anos de 2021 e 2022, integrando esta Comissão os seguintes elementos: Ana Garcia, Filipa Oliveira, Francisco Taveira Pinto, Márcia Lima, Óscar Ferreira, Paulo Rosa-Santos, Ramiro Neves, Teresa Fidélis, Tiago Fazeres-Ferradosa e Rui Lança. Durante o período de presidência da Comissão, desenvolvemos um conjunto de atividades enquadradas na missão da APRH. Destaco a organização e apoio a eventos e a produção e divulgação de conteúdos técnicos e científicos.

A CEZCM teve um papel ativo em vários eventos. Participámos na comissão organizadora e científica do X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras, realizado em dezembro de 2021, e colaborámos na organização da 6ª Conferência em Morfodinâmica Estuarina e Costeira, em junho de 2022. Foram ainda apoiados eventos como uma palestra sobre Energia do Mar no Século XXI, as 10ªs Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, sessões especiais no SILUSBA e no Congresso da Água. Estes eventos reforçaram o papel da CEZCM na promoção de debates essenciais para as zonas costeiras e o mar.

A produção de artigos técnicos e científicos, publicados no Boletim da APRH, foi outra das atividades desenvolvidas pela Comissão. Focamo-nos em temas como a poluição por plásticos nas zonas costeiras, soluções inovadoras de defesa costeira, avaliação custo-benefício, planeamento nas zonas costeiras, monitorização e partilha de dados nas zonas costeiras, bem como sobre soluções inovadoras de defesa costeira, com ênfase nas soluções baseadas na natureza.

Neste período, as consequências das alterações climáticas evidenciam-se com a ocorrência de eventos extremos em Portugal e no Mundo. Enquanto a preocupação inicial com as secas prolongadas que ocorreram neste período se manifesta, sobretudo, pelas dificuldades na gestão da água, a consequente diminuição dos fluxos sedimentares para a plataforma costeira continua a não ter uma resposta adequada em termos de caracterização e monitorização. Felizmente, a dinâmica das praias e arribas continuou a ser monitorizada no âmbito do programa COSMO da APA. No entanto, a sua limitação espacial e as dificuldades posteriores ao período em análise, incluindo interrupções na monitorização, demonstram que ainda há um caminho a percorrer para que a responsabilidade pela monitorização seja assumida de forma integral pelos responsáveis pela política de gestão do litoral. Neste período, gostaria também de destacar as crescentes oportunidades trazidas pela integração de novas tecnologias e da digitalização, que, sendo transversais a diversas atividades, desempenham um papel crucial no desenvolvimento do conhecimento, preservação e sustentabilidade das zonas costeiras e do mar.

Finalmente, gostaria de expressar o meu agradecimento aos colegas da Comissão, que generosamente compartilharam os seus conhecimentos e participaram nas atividades desenvolvidas durante este período, assim como à APRH pela oportunidade de integrar esta Comissão. Acredito que todos temos plena consciência de que um país privilegiado, com uma extensa zona costeira e marítima, necessita de recursos humanos em quantidade e qualificação suficientes para desenvolver o vasto e diversificado conjunto de atividades previstas no âmbito da economia azul. Nesse contexto, a APRH poderá desempenhar um papel fundamental nas respostas que procuramos.

Gestão Costeira em Portugal – Onde estamos

Entre 1958 e 2023 estima-se uma perda de território costeiros de Portugal continental de aproximadamente 13,5 km² (REA, 2024).

O litoral de Portugal continental estende-se por cerca 987 km, ao longo dos quais se concentra cerca de 75% da população. É no litoral que se encontram as principais áreas urbanas e industriais, bem como uma diversidade de equipamentos e infraestruturas (26% do litoral está ocupado com construções associadas ao uso urbano, turístico e industrial). O litoral encerra um conjunto de valores naturais e patrimoniais que lhe conferem uma grande riqueza litológica, morfológica, biológica e paisagística que importa salvaguardar e valorizar e dos quais depende a atividade humana. A grande concentração de habitats e a importante diversidade biológica fundamentaram a designação de áreas classificadas que integram a Rede Nacional de Áreas Protegidas ou a Rede Natura 2000, numa extensão aproximada de 50% do total (PAL, 2024).

Atualmente, um dos principais problemas que afetam o litoral é a erosão costeira resultando em:

- **Perda de áreas de praia:** A erosão resulta na diminuição da área disponível para o lazer e turismo, afetando a economia local.
- **Impactos em infraestruturas:** A destruição de infraestruturas costeiras, como portos, hotéis, estradas e cais, entre outras, é uma preocupação constante.
- **Perda de habitats naturais:** Zonas de proteção ecológica, como as dunas e zonas húmidas, são destruídas, afetando a biodiversidade e os serviços ambientais que essas áreas oferecem.
- **Alteração dos ecossistemas marinhos e costeiros:** A erosão pode afetar a saúde dos ecossistemas marinhos, resultando em perda de espécies e degradação das áreas de pesca.

O traçado e a posição atuais da linha de costa dependem de um conjunto alargado de fatores interativos e retroativos, dos quais se destacam o forçamento oceanográfico (ondas, marés, correntes costeiras, sobre-elevação meteorológica, nível médio do mar), os sedimentos (natureza, dimensão, disponibilidade e fluxos), o contexto geomorfológico (incluindo praias, arribas, estuários, lagoas e ilhas barreira) e a intervenção antrópica (PAL, 2024).

Atualmente, 45% do litoral baixo e arenoso de Portugal continental apresenta tendência erosiva de longo prazo. Destacam-se os troços costeiros entre Ofir-Cedovém, Cortegaça-Furadoro e Cova-Gala-Costa de Lavos, onde para além desta tendência já estar instalada, se verifica inclusive uma aceleração no médio e curto prazo dos valores de recuo da linha de costa (REA, 2024).

Em sentido contrário os troços costeiros entre Costa Nova – Praia de Mira (norte), Costa da Caparica e Praia de Faro, mostram uma diminuição das taxas de erosão e alguma estabilidade relativa no médio e curto-prazo (REA, 2024). Esta tendência estará relacionada com as alimentações artificiais de sedimentos que tiveram lugar nestes setores.

O litoral português tem sido objeto de intervenções nos últimos anos, em resposta aos desafios das alterações climáticas, erosão costeira e necessidade de desenvolvimento sustentável.

A intensidade dos fenómenos erosivos, e respetivo risco associado, determinou que a maior parte do investimento efetuado no litoral na última década e meia, num total de 350M€, fosse alocado a intervenções de proteção e defesas costeira (REA, 2024).

A alimentação artificial de praias é atualmente uma das principais medidas de proteção/defesa costeira utilizadas, sendo considerada pela APA – Agência Portuguesa do Ambiente, uma medida de adaptação ajustada às consequências das alterações climáticas, com o objetivo de mitigar os fenómenos de erosão costeira e de galgamentos que previsivelmente virão a agravar-se num futuro próximo.

Nas últimas décadas, o país tem vindo a reconhecer a importância ecológica, económica e social das zonas costeiras, o que levou à elaboração de instrumentos legais e regulamentares, opções de planeamento e ordenamento, iniciativas públicas e modelos de governação que integram uma visão estratégica para a gestão da zona costeira. Destaca-se a Lei da Água e diplomas complementares, a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC), a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC), a Estratégia Nacional para o Mar (ENM) e os instrumentos de ordenamento da zona costeira, nomeadamente os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), atualmente, Programas da Orla Costeira (POC) e Plano de Ação para o Litoral (PAL). Estes instrumentos refletem o compromisso do país com a proteção e valorização das suas zonas costeiras.

Para suportar as Estratégias e Planos atrás mencionados foi criado o Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental – COSMO concebido e desenvolvido pela APA, com início em 2018 e renovado no início de 2025 (COSMO 2.0). Este programa tem permitido avaliar a tendência evolutiva da faixa costeira e compreender os impactos dos agentes erosivos naturais assim como das alterações climáticas e das estratégias de adaptação perseguidas. Serve ainda de apoio à definição de estratégias de ordenamento e planeamento costeiro a médio e longo prazo.

Tem sido suporte para a avaliação dos efeitos das intervenções de proteção/defesa costeira realizadas, programação de novas intervenções e para otimização da gestão de situações de risco, incluindo a instabilidade de arribas.

A disponibilização dos dados gerados no âmbito desta monitorização são importantes para gerar novo conhecimento e contribuir para a gestão da zona costeira continental.

Apesar dos avanços significativos, o litoral português continuará a enfrentar desafios como a subida do nível do mar e a erosão acelerada. Projetos de adaptação e mitigação são essenciais para garantir a resiliência das comunidades costeiras e a preservação dos ecossistemas marinhos.

Os desafios que se colocam hoje à gestão da zona costeira em contexto de alterações climáticas requerem uma verdadeira gestão integrada e partilhada, exigindo uma abordagem inovadora, responsável e sustentável, baseada no conhecimento, na compreensão da inter-relação dos processos, na partilha de informação, na coordenação e cooperação entre entidades nos diversos âmbitos e aos diferentes níveis de atuação.

Grandes Desafios

1. Monitorização costeira, partilha de dados e sistemas de previsão oceânicos e costeiros¹

A **mensuração** de grandezas que caracterizam o estado do mar e a geomorfologia costeira são imprescindíveis para: **i)** o conhecimento dos processos costeiros e o desenvolvimento da ciência e engenharia costeiras, tendo em vista a preservação e a exploração sustentável dos recursos naturais e a gestão racional territorial; **ii)** a previsão da evolução da interface terra-mar, em particular em locais onde se verificam problemas de erosão e galgamento costeiros, e onde se prevê o seu agravamento devido ao impacto das alterações climáticas (subida do nível do mar e aumento da frequência e intensidade de eventos extremos); **iii)** o desenho e a avaliação da eficiência de medidas de mitigação dos fenómenos de erosão e galgamento costeiros integradas nos Programas da Orla Costeira (POC); **iv)** a segurança marítima relativamente a condições de navegação e acostagem de embarcações; **v)** a qualidade das massas de águas superficiais costeiras, tendo em vista a segurança no seu uso balnear; e **vi)** a sustentabilidade dos ecossistemas marinhos.

A **monitorização do mar e da geomorfologia costeira** é efetuada com recurso a equipamento **intrusivo**, instalado *in situ* e **remoto**, quando o equipamento não contacta com a massa de água observada. No **primeiro grupo**, destacam-se as bóias ondógrafo em águas profundas e os sensores de pressão em águas pouco profundas, para medição de parâmetros de agitação marítima e nível do mar. Os correntómetros acústicos por efeito de Doppler (ADCP) utilizados em águas intermédias e pouco profundas, permitem obter medições de correntes e obter tanto o espectro de alturas como o espectro direcional das ondas de superfície. Utilizam-se ainda correntómetros eletromagnéticos para determinação das componentes horizontais da velocidade euleriana (em posições específicas), flutuadores lagrangianos para avaliar a velocidade superficial e marégrafos para medir a variação do nível do mar. Outros equipamentos intrusivos, como sondas multiparamétricas, são utilizados para medição *in situ* (ou recolha de amostras de água para posterior análise em laboratório) de parâmetros como temperatura, salinidade, turbidez, concentração de sedimentos e variáveis bacteriológicas. Para a medição da topografia é de salientar o uso de estações totais (entre outros), ou de sistemas GPS/GNSS, que sendo operados sobre o terreno são, na realidade, um sistema misto ao recorrerem a um posicionamento remoto (através de uma constelação de satélites).

No **segundo grupo**, dos sensores remotos, destacam-se: os satélites, através dos quais se obtêm imagens, com recurso a observações espaciais, das quais se pode extrair informação qualitativa (dependendo das condições meteorológicas) sobre sedimentos em suspensão, correntes de retorno, extensão da zona de rebentação, linha de água e batimetria, entre outros; a tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), na obtenção de topografia e batimetria 3D com recurso a voos aéreos; as câmaras de vídeo instaladas em posições fixas, com amplo campo de visão sobre praias, para identificação de linhas de rebentação (inclusive sobre barras submersas) e da linha de espraio, com grande interesse em condições de tempestade marítima, para conhecimento do máximo alcance da lâmina de água em terra; as câmaras instaladas em drones, que sobrevoam o local de interesse para captação de imagens das quais se obtêm levantamentos fotogramétricos topográficos; as fotografias aéreas, que têm permitido determinar a evolução histórica da linha de costa, produzir ortofotomapas e modelos

¹ O presente texto teve por base o texto produzido pela CEZCM em junho/2022 e publicado nas Newsletters nº 194 e 195 da APRH. Teve como relatores: Filipa Oliveira, Óscar Ferreira, Márcia Lima e José Pinho.

digitais de terreno; os métodos geofísicos como as sondas acústicas de feixe simples ou multifeixe, para determinação batimétrica, e as sondas de reflexão sísmica, para obtenção da configuração do sub-solo (em terra e no mar); e os radares fixos de elevada frequência que permitem obter dados de correntes superficiais costeiras.

A **monitorização** de diversas grandezas costeiras é efetuada de **forma sistemática** por diversas **entidades nacionais**, tais como Laboratórios do Estado (Instituto Hidrográfico e Instituto Português do Mar e da Atmosfera), entidades de gestão das políticas do ambiente (Agência Portuguesa do Ambiente), e do território (Direção-Geral do Território) e autoridades portuárias; e por **entidades internacionais**, ou que gerem programas internacionais, tais como o programa Europeu *Copernicus* (Programa de Observação da Terra da União Europeia, que analisa o planeta e o seu ambiente). O benefício de dispor destes dados de forma sistemática é a garantia do conhecimento dos limites de variabilidade e da evolução a longo prazo de parâmetros associados a essas grandezas, informação fundamental para reduzir a incerteza de previsões obtidas, por exemplo, através da aplicação de ferramentas de modelação. A partilha de dados, por parte das entidades cuja missão é a observação e o tratamento dos mesmos, com a comunidade em geral, mas em particular com a comunidade oceanográfica e costeira (cientistas, técnicos, gestores e utilizadores), tem a enorme vantagem de i) impulsionar a produção de novo conhecimento técnico e científico; ii) estimular o melhoramento e a inovação na área da divulgação desse conhecimento, quer às entidades gestoras locais quer à população em geral (utilizadores), através do desenvolvimento de novas ferramentas e plataformas digitais acessíveis e amigáveis; **iii)** permitir a adoção de medidas de gestão baseadas em conhecimento atualizado e, assim, **iv)** alcançar um público mais vasto, que ficará melhor informado e alerta, permitindo uma participação ativa consciente e colaborativa, face à implementação de medidas de segurança marítima e de defesa costeira. Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese de entidades (note-se que se trata de uma listagem não exaustiva, que pretende apenas servir de referência a alguns dos parâmetros de oceanografia física, obras costeiras e topobatimetria mais utilizados) que, no âmbito da sua missão, gerem sistemas de observação do estado do mar e da geomorfologia costeira, desde a implementação e gestão do equipamento ao processamento de dados, facultando o acesso livre em alguns dos casos ou pago noutros.

Tabela 1. Entidades que gerem sistemas de observação do estado do mar e da geomorfologia costeira em zona costeira portuguesa, tipologia de dados observados e sua acessibilidade.

Entidade	Tipo de dados	Acesso
Instituto Hidrográfico	Agitação marítima – rede de boias	Mediante solicitação – dados abertos para investigação e pagos para outros fins
Direção-Geral do Território - SNIG	Nível do mar – Cascais e Lagos	Dados abertos
Agência Portuguesa do Ambiente	Topo-batimetria em zonas costeiras de Portugal – programa de monitorização COSMO (2018-2021); Parâmetros de dimensionamento de obras costeiras	Dados abertos Mediante solicitação – dados abertos
Autoridades Portuárias	Nível do mar	Mediante solicitação – dados abertos
DGP	Estado de manutenção estrutural das obras	Mediante solicitação
União Europeia	Dados meteorológicos; Imagens satélite – Programa de observação da Terra Copernicus (Copernicus Atmosphere Monitoring Service -CAMS)	Mediante solicitação – dados abertos para investigação e pagos para outros fins; Dados abertos

A monitorização **não-sistemática**, ou had-hoc, efetuada maioritariamente no âmbito de projetos de investigação científica ou para intervenções costeiras com curta a média duração (dias a poucos anos – dependendo do financiamento e âmbito), tem como objetivo caracterizar parâmetros que não são considerados num programa de monitorização sistemática operacional, ou que sendo já observados de forma sistemática não são abrangidos num determinado período específico ou não o são com a frequência e resolução espacial de aquisição desejadas. Este facto acontece diversas vezes porque a rede de observação sistemática portuguesa do mar e da geomorfologia costeira (incluindo elementos estruturais construídos que integram o ambiente costeiro, tais como esporões, molhes, defesas longitudinais aderentes), poderia e deveria incluir mais parâmetros, ter maior cobertura territorial e ter maior densidade de estações de medição.

As **previsões oceânica e costeira** diferem em termos de **escala espacial**, normalmente planetária ou à escala de um oceano ou mar regional no primeiro caso, e regional e/ou local no segundo. Existem diversas agências mundiais que têm a capacidade operacional de gerar previsão meteorológica e oceanográfica global sendo as mais utilizadas a *National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA (<https://www.noaa.gov/>) e a *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*, ECMWF (<https://www.ecmwf.int/>), que disponibilizam gratuitamente os resultados dos seus modelos numéricos globais atmosféricos e oceânicos, incluindo a geração e propagação da agitação (considerando como forçamento o vento obtido como resultado de simulações de modelos globais atmosféricos). À escala regional e local, existem diversos sistemas de previsão, em geral forçados por dados dos sistemas de previsão meteorológica e oceanográfica global mencionados. Na Tabela 2 apresenta-se (a título exemplificativo) uma lista de entidades que produzem e disponibilizam resultados de sistemas

de previsão oceânica e costeira em território português, aos quais dão acesso livre diretamente ou mediante solicitação.

Tabela 2. Entidades que gerem sistemas de previsão oceânica e costeira em território marítimo nacional, tipologia de dados observados e condições de acessibilidade.

Entidade	Parâmetro	Acesso
Instituto Hidrográfico	Previsão da maré Portugal continental, Madeira e Açores – rede de portos	Mediante solicitação – dados abertos
Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa	Previsão de maré nos portos principais nacionais	Dados abertos
Instituto Português do Mar e da Atmosfera	Previsão de dados meteorológicos em território nacional	Dados abertos
Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM)	Estado de manutenção estrutural das obras marítimas (excluindo portos comerciais)	Mediante solicitação
Agência Governamental Espanhola Puertos del Estado	Previsão de séries de agitação marítima – rede de pontos	Mediante solicitação – dados abertos
União Europeia (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)	Dados e gráficos de parâmetros físicos oceânicos – ERA5	Dados abertos
Consórcio: LNEC / LIP / CNRS-UR / UC	Previsões de níveis de água, velocidades 2D e 3D, parâmetros das ondas e variáveis de qualidade da água sobre a região espacial de interesse para períodos de 48 horas - OPENCoastS	Mediante solicitação – dados abertos

Os **sistemas de previsão** apresentam duas **componentes** fundamentais: os dados de monitorização que deverão ser disponibilizados desejavelmente em tempo real e as ferramentas de modelação que permitem simular os processos costeiros e que poderão ser baseadas em modelos determinísticos ou obtidos a partir de dados históricos.

A adaptação das zonas costeiras às alterações climáticas tem nos **sistemas de previsão** uma resposta tecnológica que é fundamental para prevenir e mitigar efeitos de eventos extremos, contribuindo para a proteção de populações e infraestruturas. Se as previsões de médio e longo prazo apresentam ainda uma incerteza muito elevada que dificulta a tomada de decisões, já as previsões de curto termo (horas, dias) poderão ser utilizadas para gerar alertas com um grau de confiança aceitável. No caso da aplicação na zona costeira, estes sistemas estão numa fase inicial de desenvolvimento, havendo já diferentes soluções para previsões de níveis e correntes locais e, nalguns casos em que está disponível informação batimétrica de resolução espacial adequada, da propagação da agitação. Estes sistemas, poderão estender-se a outras variáveis para além das hidrodinâmicas como a variáveis indicadoras da qualidade da água ou geomorfológicas. Estas adquirem uma relevância especial no contexto da proteção de praias arenosas.

Os sistemas de previsão costeiros poderão ser criados tendo por base **plataformas tecnológicas** que permitam integrar

os dados de monitorização, as previsões de modelos atmosféricos e os modelos hidrodinâmicos e morfodinâmicos. Estas plataformas requerem uma elevada especialização, havendo algumas que estão disponíveis de forma gratuita para fins de ensino e investigação como é o caso da plataforma Delft-FEWS (*Flood Early Warning System* - <https://oss.deltares.nl/web/delft-fews>) do laboratório Deltares nos Países Baixos. Esta plataforma permite a integração de um vasto conjunto de dados em tempo real e a configuração de dezenas de modelos utilizados em todo o mundo. O processamento de dados é facilitado por um vasto conjunto de funcionalidades desenvolvidas para o efeito, permitindo a assimilação de dados ou calibração automática dos modelos com base nas observações disponíveis no instante da previsão e a automatização das previsões ou conjuntos de previsões tendo por base diferentes resultados de modelos atmosféricos.

A variabilidade local da hidrodinâmica e morfodinâmica costeiras exige uma capacidade de simulação que envolve necessariamente modelos robustos de elevada resolução espacial para que os alertas gerados com base em previsões sejam credíveis. O investimento neste tipo de plataformas é, todavia, muito inferior aos benefícios que poderão resultar para as populações se forem devidamente implementados considerando que os horizontes de previsão envolvendo níveis de incerteza aceitáveis são já suficientemente longos para permitir a adoção de medidas de proteção eficazes.

2. Cartografia das zonas costeiras²

Designa-se por cartografia costeira a representação bi-dimensional (plano horizontal), devidamente georreferenciada, de qualquer parâmetro costeiro, nomeadamente, da elevação da superfície terrestre emersa (topografia – representada em cartas topográficas) e da profundidade da superfície terrestre submersa (batimetria – representada em cartas náuticas, elaboradas fundamentalmente para a navegação).

A cartografia da topo-batimetria é fundamental na gestão integrada e individual de diversos setores como ordenamento territorial, pesca, navegação, turismo, recursos naturais, portos e estruturas de defesa costeira.

A frequente monitorização da topo-batimetria e atualização da respetiva cartografia têm custos associados, contudo, possibilitam a deteção atempada de eventuais alterações que exijam medidas de mitigação, as quais executadas previamente a um estado de emergência serão compensatórias também sob o ponto de vista económico.

Presentemente, as entidades Direção-Geral do Território (DGT), Instituto Hidrográfico (IH) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA) disponibilizam de forma gratuita grande parte da topo-batimetria existente. Através do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental - COSMO, a APA disponibiliza um conjunto de informação topo-batimétrica, relativa ao período 2018-2021, no formato do tipo perfil e área, relativas a praias e arribas, localizadas em zonas críticas de erosão e galgamento costeiros, sujeitas ou a sujeitar a intervenções de alimentação artificial ou no delta adjacente a barras de maré fixas ou naturais. Estes elementos baseiam-se em levantamentos executados com recurso à combinação de várias técnicas de aquisição e possuem uma resolução de 0,3 m. Conforme anunciado (<https://www.ambientemagazine.com/apa-arranca-com-nova-fase-do-programa-de-monitorizacao-da-faixa-costeira-de-portugal-continental/>), a APA deu início, em janeiro/2025, à segunda fase do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental, designado COSMO

² Texto produzido pela CEZCM. Relator: Filipa Oliveira.

2.0, com a duração prevista de três anos.

A maioria da cartografia topo-batimétrica disponível para Portugal continental e regiões autónomas da Madeira e Açores encontra-se no sistema de referência geo-cartográfico designado por Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 (European Terrestrial Reference System - ETRS89); e no sistema de referência vertical oficial do continente Cascais Helmert 1938 (datum definido a partir da média dos níveis médios das águas do mar em Cascais para o período entre 1882 e o último dia do ano de 1938), no caso da topografia, ou no sistema de referência vertical náutico nacional Zero Hidrográfico (ZH), no caso da batimetria.

A cartografia da topo-batimetria serve de base à elaboração do Modelo Territorial definido nos Programas da Orla Costeira (POC), que estabelecem regimes de salvaguarda de recursos e valores naturais, através de medidas que instituem ações permitidas, condicionadas ou interditas, prevalecendo sobre os planos territoriais de âmbito intermunicipal e municipal. Os POC abrangem uma faixa ao longo do litoral com uma largura mínima de 500 m na zona terrestre, podendo ir a 1000 m, quando tal seja justificado pela necessidade de proteção de sistemas biofísicos costeiros, e uma faixa marítima até à batimétrica dos 30 m, incluindo as áreas sob jurisdição portuária. As faixas de salvaguarda (ou risco) espacializam os regimes de proteção que visam conter a exposição de pessoas e bens aos riscos de erosão e galgamento e inundação costeira. Estas faixas, Faixa de Salvaguarda à Erosão Costeira e Faixa de Salvaguarda ao Galgamento e Inundação Costeira, desdobram-se em dois níveis de suscetibilidade correspondentes aos recuos da linha de costa e às cotas de inundação para os cenários temporais expectáveis (projeções) em 2050 e 2100. Para além de servir de base à marcação do limite terrestre das faixas de salvaguarda, a topo-batimetria é fundamental na fase que antecede este procedimento, ou seja, no cálculo das componentes do recuo da linha de costa e das cotas de inundação expectáveis nestes dois cenários. A validação destas componentes com topo-batimetria atualizada, assim como a marcação das novas faixas de salvaguarda nessa cartografia topo-batimétrica atualizada, deve ser efetuada de forma sistemática para se proceder à sua correção no caso de se averiguarem desvios face ao previsto. Daí a necessidade da monitorização sistemática da topo-batimetria.

3. Intervenções de defesa costeira: soluções baseadas na natureza, custo e benefício³

As zonas costeiras apresentam uma variabilidade natural que inclui uma dinâmica imposta pela ação do mar sobre praias e costas rochosas. A evolução da linha de costa reflete essa dinâmica que é particularmente intensa em ambientes costeiros em que a agitação marítima é especialmente energética. A mudança climática e a consequente subida do nível médio do mar vêm impor uma dinâmica essencialmente regressiva que exige um esforço de adaptação adequado. A ocupação rígida do litoral, com infraestruturas e estruturas de defesa costeira, está em desacordo com o dinamismo natural do litoral, levando a que ocorram situações de risco para bens e pessoas, em particular durante a ocorrência de tempestades. Além dos impactos associados a tempestades, existem vários locais com recuo acentuado da linha de costa por possuírem um balanço sedimentar negativo, ameaçando áreas urbanizadas. Perspetiva-se um agravamento das situações de risco na zona costeira, tornando necessária uma reflexão sobre algumas das soluções de defesa existentes, maioritariamente

³ O presente texto teve por base o texto produzido pela CEZCM em março e abril/2022 e publicado nas Newsletters nº 178 (relatores: Filipa Oliveira, Márcia Lima, Paulo Rosa-Santos) e 185 (relatores: Óscar Ferreira, Filipa Oliveira, Paulo Rosa-Santos, José Pinho) da APRH.

construídas na segunda metade do século passado, bem como do desenvolvimento portuário. Essa reflexão deve incidir sobre as medidas de proteção utilizadas atualmente e sobre eventuais soluções inovadoras, mais sustentáveis, que possam assegurar uma proteção mais eficaz a médio e longo prazo.



Figura 1. Alimentação artificial na Cova-Gala, Figueira da Foz, 23-julho-2015.

As soluções de defesa costeira mais utilizadas até agora destinam-se, sobretudo, a impedir o avanço do mar, sendo genericamente enquadradas em duas tipologias: a) Proteção “pesada”, normalmente associada a infraestruturas artificiais (como por exemplo esporões e obras longitudinais aderentes); b) Proteção “leve”, normalmente associada a realimentações ou reposição de sedimentos na zona costeira e instalação de sacos de geotêxtil preenchidos com sedimentos locais. Nestas soluções não há uma adaptação da ocupação e do território a novas condições, mas sim a colocação de uma barreira (rochosa e/ou arenosa) que protege o território ocupado, sem que este se transforme. As soluções de adaptação têm sido menos utilizadas, mas têm ganho força e aplicação nos últimos anos, perspetivando-se a sua implementação a larga escala no futuro, existindo programas de nível internacional que fomentam a sua disseminação (ex. Acordo Verde Europeu). Entre as soluções de adaptação convém destacar duas abordagens: a (re)acomodação e a adaptação baseada nos ecossistemas (frequentemente também descrita como Soluções Baseadas na Natureza, SBN).

As SBN estão, ainda, na sua fase inicial de implementação em Portugal, apesar de em algumas zonas do globo (ex. EUA, Alemanha, Reino Unido) constituírem já uma parte relevante das medidas de proteção consideradas na gestão da orla costeira. Estas baseiam-se no conhecimento do funcionamento e das características dos ecossistemas costeiros, para além dos processos físicos que se verificam nestas áreas, favorecendo-se o seu desenvolvimento de modo a mitigar ameaças (ex. inundação ou erosão) e, deste modo, reduzindo-se os riscos que lhe estão associados. A sua implementação requer abordagens claramente multidisciplinares em que, para além dos processos físicos, se incluam conhecimentos de áreas como geologia, biologia, ecologia, entre outros.

As soluções baseadas na natureza mais utilizadas, à escala mundial, dizem respeito à reabilitação de zonas húmidas,

incluindo a recuperação de sapais e de pradarias marinhas e a reconstrução dunar (por vezes também enquadrada na proteção leve quando obriga à adição de sedimentos). Estes ecossistemas, quando adequadamente recuperados, minimizam os riscos e mantêm as suas funções e os seus serviços ecossistémicos (sequestro de carbono, suporte à biodiversidade, apoio à produção primária e às pescas, atividades lúdicas e de bem-estar, entre outros). Em condições de equilíbrio deveriam, ainda, possuir adaptabilidade às alterações climáticas, nomeadamente à subida do nível médio da água do mar, crescendo e ocupando gradualmente áreas costeiras em que tal seja viável. Estas soluções possuem maior potencial de implementação em locais de menor energia da agitação. O aumento da sua aplicabilidade poderá passar, assim, pelo uso de soluções híbridas que permitam a dissipação da energia da agitação nas áreas em que sejam instaladas. As soluções híbridas integram as SBN em conjunto com qualquer das soluções tradicionais anteriormente mencionadas, mas, particularmente, com as de proteção (leve ou pesada). São exemplos, a construção de dunas em associação com as realimentações de praia ou a recuperação de sapais sustentados por estruturas de contenção.

Face às previsões de variação da linha de costa e face à importância social, económica e patrimonial das zonas costeiras, prevê-se a crescente necessidade de intervir na orla costeira portuguesa, devendo adotar-se soluções desejavelmente inovadoras mais eficazes para minimizar os problemas de erosão e galgamento que serão certamente agravados pelos efeitos das alterações climáticas. Os custos de construção e manutenção associados às intervenções de defesa costeira são extremamente elevados, tornando-se por isso fundamental, em primeiro lugar, realizar uma análise dos locais com maior perigosidade, exposição e vulnerabilidade, logo com maiores riscos associados à erosão e galgamento costeiros, seguida da avaliação de diferentes soluções de defesa alternativas. Para fazer face aos problemas de erosão e galgamento costeiros é essencial, em primeiro lugar, adequar os instrumentos de planeamento, dotando-os de medidas proativas em detrimento de políticas reativas. Como referido, as políticas de planeamento podem basear-se na prevenção, na proteção, na realocização (ou recuo), ou na acomodação. Todas estas estratégias devem ser ponderadas e analisadas e, sempre que possível, comparadas com o cenário de não intervenção ou com o cenário de continuidade das estratégias/políticas em vigor. A comparação destes cenários pode ser conseguida de forma eficiente através da realização de análises de custo-benefício (ACB), desejáveis para a avaliação de possíveis estratégias de defesa costeira.

A definição do horizonte temporal em ACB de estudos de proteção costeira é um fator determinante para os resultados obtidos, determinando as eventuais tomadas de decisão sobre as intervenções a efetuar. Deve ambicionar-se a seleção de soluções sustentáveis a longo prazo, desejavelmente de décadas, considerando-se o efeito de alterações climáticas nas zonas de intervenção. O horizonte temporal deverá, também, ser suficientemente longo para permitir a inclusão de todos os custos e benefícios associados à opção que está a ser avaliada.

Como se depreende do apresentado, não existe uma solução única de proteção para a zona costeira e é muito possível que a diversidade de soluções se imponha no futuro, com adaptações tendo em atenção a especificidade de cada local e o período de vida admitido para a solução global. Tais soluções deverão considerar sempre o caráter dinâmico do litoral e a possibilidade de se ajustarem, no tempo, a novas condições, sejam elas impostas pelas alterações climáticas ou por qualquer outra ação antrópica ou natural. Deverão, ainda, partir de uma interação com a sociedade que envolve informação, comunicação (da sociedade para o decisor e do decisor para a sociedade) e, sempre que possível, co-gestão. O caminho da co-gestão (uma gestão definida e partilhada entre gestores e utilizadores) é o caminho da responsabilização de todos, comunidade, cientistas e gestores, na obtenção das soluções mais adequadas e com as quais todos se identifiquem,

devendo também, sentirem-se todos responsáveis pela tomada de decisão. Esta também é uma solução híbrida, mas agora no contexto social, visto que as decisões finais são assumidas pela comunidade e possuem benefícios e ónus para todos.

4. Poluição Marinha⁴

As zonas costeiras portuguesas enfrentam uma série de desafios ambientais, sendo a poluição uma das principais preocupações. A poluição marinha é considerada um problema ambiental grave e crescente que afeta os oceanos e mares de todo o mundo.

Os efluentes industriais e esgoto doméstico eram há 50 anos um foco importante de contaminação das zonas costeiras, com impacto na qualidade das águas das zonas balneares e na eutrofização em especial dos nossos estuários e lagoas costeiras. Esta eutrofização, consequência do excesso de nutrientes causa um crescimento excessivo de algas, que acabam por esgotar o oxigênio e prejudicando a vida marinha.

As melhorias que foram sendo realizadas em todo o país a nível das redes de saneamento, e tratamento de águas em ETARs e o aumento da exigência dos níveis de tratamento, resultou numa melhoria substancial da qualidade da água nas zonas balneares, sendo que em 2025 houve 354 praias costeiras galardoadas com bandeira azul. Esta melhoria foi também verificada em muitos dos nossos estuários, com a maioria a apresentar um bom estado ecológico no que concerne aos nutrientes e oxigenação.

O foco de preocupação atual está nos contaminantes emergentes, estes são agentes que não eram previamente monitorizados ou regulamentados, mas que passaram a ser identificados como potenciais preocupações para o meio ambiente e, em especial para a saúde humana. Eles podem incluir uma ampla gama de substâncias, como produtos farmacêuticos, produtos químicos utilizados em cosméticos, produtos de higiene pessoal, produtos de limpeza, pesticidas, produtos de degradação de medicamentos, PFAs (substâncias per e polifluoroalquil) e, sobretudo, os microplásticos.

Os impactos fazem-se sentir a diferentes níveis: i) **Ecossistemas marinhos**, com a degradação de habitats marinhos, como sejam, pradarias marinhas e sapais, afetando a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas; ii) **Vida Marinha**, em especial os poluentes emergentes que podem ser ingeridos por organismos marinhos ou se bioacumular nos seus tecidos, onde para além de poderem causar ferimentos ou mesmo a morte dos indivíduos, podem entrar na cadeia alimentar e potencialmente afetar a iii) **saúde humana**; IV) **Economia**, ao afetar negativamente a pesca, o turismo e outras indústrias costeiras, resultando em perdas económicas significativas.

Apesar dos avanços na monitorização e na regulamentação dos poluentes emergentes, ainda há muitos desafios a serem superados. A falta de dados abrangentes e a necessidade de métodos de análise mais sensíveis são algumas das barreiras para uma melhor compreensão dos seus impactos.

A monitorização contínua e a avaliação dos riscos associados a esses poluentes são essenciais para garantir a proteção da qualidade da água e a saúde pública.

⁴ Texto produzido pela CEZCM. Relator: Ana Carla Garcia.

A DQA – Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE) que analisa o estado/potencial ecológico de todas as massas de água, ainda não inclui os poluentes emergentes na lista de substâncias regulamentadas pelo que é necessário investir na monitorização contínua e avaliação dos riscos associados a esses poluentes a nível nacional e internacional de forma a implementar políticas rigorosas para mitigação desses impactos.

A poluição das zonas costeiras é um problema complexo que requer uma abordagem integrada e multidisciplinar. A gestão eficaz dessas áreas deve incluir a redução do uso de plásticos, o controle rigoroso dos poluentes emergentes e a eliminação dos poluentes orgânicos persistentes (POPs).

É importante que a poluição marinha ganhe relevância quando se fala em gestão integrada das zonas costeiras e a sua monitorização seja, igualmente, considerada nos investimentos das zonas costeiras, visto ele ter um papel relevante nos ecossistemas marinhos e na saúde pública.

5. Interação entre Portos e Zonas Costeiras: Impactes e Estratégias para uma Gestão Sustentável⁵

A interação entre portos e zonas costeiras é um tema de grande relevância no contexto da gestão sustentável dos recursos marítimos e costeiros. Este artigo explora os impactes ambientais, económicos e sociais dessa interação, com base no caso dos portos portugueses, e propõe estratégias para uma gestão mais sustentável. A análise centra-se na modernização das infraestruturas portuárias, na descarbonização, na digitalização e na integração dos portos com as comunidades locais e os ecossistemas costeiros. Conclui-se que a adoção de práticas sustentáveis e a cooperação entre os diversos stakeholders são essenciais para garantir o equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a preservação ambiental.

Introdução

As zonas costeiras são espaços de grande dinamismo económico e ambiental, abrigando atividades industriais, logísticas e de lazer. Os portos, como elos fundamentais da cadeia de abastecimento global, influenciam significativamente estas regiões, tanto em termos económicos quanto ecológicos (OECD, 2019). A gestão integrada das interações entre portos e zonas costeiras torna-se imperativa para minimizar impactes negativos e maximizar benefícios sociais e ambientais.

Impactes da Interação entre Portos e Zonas Costeiras

Impactes Económicos

Os portos são motores económicos, especialmente em países com forte dependência do comércio internacional, como Portugal. O Porto de Leixões, por exemplo, contribui diretamente para 7% do emprego nacional e lida com cerca de 6% do PIB português (APDL, 2020). A modernização das infraestruturas portuárias, como o prolongamento do quebra-mar e o aprofundamento dos canais de navegação, permite a entrada de navios de maior dimensão, aumentando a capacidade de carga e reduzindo os custos logísticos (APDL, 2020). No entanto, a expansão portuária pode também gerar conflitos com outras atividades económicas, como o turismo e a pesca, que dependem de ecossistemas costeiros saudáveis.

⁵ Texto produzido pela CEZCM. Relator: Rui Lança.

Impactes Ambientais

A operação dos portos tem impactes ambientais significativos, incluindo a poluição da água e do ar, a alteração dos padrões de sedimentação e a perda de biodiversidade. A dragagem de manutenção, necessária para garantir a navegabilidade, pode perturbar os ecossistemas marinhos e costeiros (PIANC, 2010). No entanto, os portos portugueses têm adotado práticas mais sustentáveis, como o reaproveitamento das areias dragadas para a alimentação artificial de praias e o reforço de sistemas dunares (APL, 2020). Além disso, a descarbonização do setor portuário, através da implementação de soluções de abastecimento de energia elétrica Shore-to-Ship, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (APL, 2020).

Impactes Sociais

Os portos são também importantes para as comunidades locais, gerando emprego e contribuindo para o desenvolvimento regional. No entanto, a expansão portuária pode levar ao deslocamento de comunidades costeiras e à perda de áreas de recreio e lazer. A integração dos portos com as cidades e comunidades onde se localizam é essencial para garantir que os benefícios económicos sejam partilhados de forma equitativa (Hall, 2007). O Porto de Setúbal, por exemplo, tem investido na melhoria das acessibilidades terrestres e marítimas, promovendo a integração com o tecido industrial local e assegurando a segurança e a qualidade de vida das comunidades circundantes (APSS, 2020).

Estratégias para uma Gestão Sustentável*Digitalização e Inovação*

A modernização das infraestruturas portuárias e a adoção de tecnologias digitais são essenciais para aumentar a eficiência e reduzir os impactes ambientais. A implementação da Janela Única Logística, que integra diferentes modos de transporte, é um exemplo de como a digitalização pode simplificar os procedimentos e aumentar a transparência das operações logísticas (CEZEM, 2020). Além disso, a digitalização contribui para a descarbonização do setor, permitindo a monitorização em tempo real das emissões e a otimização das rotas de navegação (Notteboom & Rodrigue, 2005).

Descarbonização e Energias Renováveis

A descarbonização do setor portuário é uma prioridade, especialmente face às metas globais de redução das emissões de carbono. Os portos portugueses têm investido em soluções de energia renovável, como o apoio ao desenvolvimento de parques eólicos flutuantes no Porto de Viana do Castelo (APDL, 2020). A transição para fontes de energia mais limpas, como a eletricidade e o hidrogénio, é fundamental para reduzir a pegada ambiental dos portos e contribuir para a sustentabilidade global (Acciaro *et al.*, 2014).

Integração com as Comunidades Locais

A integração dos portos com as comunidades locais é essencial para garantir o desenvolvimento sustentável. A participação das comunidades no planeamento e gestão dos portos pode ajudar a mitigar os impactes negativos e a maximizar os benefícios sociais e económicos (Hall, 2007). O Porto de Aveiro, por exemplo, tem promovido a criação de clusters industriais e logísticos, contribuindo para o desenvolvimento regional e a criação de emprego (APA, 2020).

Conclusão

A interação entre portos e zonas costeiras é complexa e multifacetada, com impactes económicos, ambientais e sociais significativos. A adoção de estratégias de gestão sustentável, como a modernização das infraestruturas, a descarbonização e a integração com as comunidades locais, é essencial para garantir o equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a preservação ambiental. A cooperação entre os diversos stakeholders, incluindo as administrações portuárias, as comunidades locais e os governos, é fundamental para alcançar esses objetivos.

6. Energias Renováveis Marinhas em Portugal⁶

Portugal tem um potencial significativo para a exploração das energias renováveis marinhas, nomeadamente a energia eólica offshore, em especial com turbinas flutuantes, devido às suas águas profundas. A extensa costa portuguesa oferece igualmente um potencial significativo para a exploração da energia das ondas. Não é por isso surpreendente que o país albergue projetos inovadores que visam aproveitar o vento e as ondas para gerar eletricidade.

O país tem atualmente um pequeno parque eólico offshore, o *WindFloat Atlantic*, um projeto-piloto de 25 MW. Localizado ao largo da costa de Viana do Castelo, este pioneiro parque eólico flutuante, criado em julho de 2020, tem demonstrando a viabilidade dessa tecnologia eólica com um desempenho acima do esperado.

O governo português pretende expandir este setor, alavancando a sua vasta área costeira e as condições de vento favoráveis. Concretamente, Portugal planeia realizar o seu primeiro leilão de energia eólica offshore durante o ano de 2025, com o objetivo de aumentar, significativamente, a sua capacidade eólica offshore, passando dos atuais 25 MW para cerca de 2 GW no horizonte de 2030.

Na energia das ondas, salienta-se a Central de Energia das Ondas do Pico, na Ilha do Pico, nos Açores, Portugal, que foi uma central piloto de energia das ondas do tipo Coluna de Água Oscilante (OWC) costeira, concluída em 1999. Apesar de ter enfrentado desde a sua génese desafios operacionais e questões estruturais, contribuiu significativamente para a investigação em energia das ondas, gerando mais de 100 artigos científicos e inúmeras teses. A central fez parte de vários projetos e redes europeias, tendo atraído financiamento substancial ao longo da sua vida útil. Em 2018, o desgaste estrutural e colapso parcial levou à sua desconexão da rede e eventual desmontagem. O legado da fábrica do Pico reside nos seus avanços na tecnologia de energia das ondas e nas contribuições científicas.

Da mesma forma, o Pelamis Wave Energy Converter, desenvolvido pela Pelamis Wave Power, foi o primeiro conversor de ondas offshore a gerar eletricidade para a rede. A implantação de um parque de 3 unidades ao largo da costa da Aguçadoura, em 2008, constituiu um marco mundial em direção à exploração comercial da energia das ondas. Apesar da promessa e do seu carácter inovador, o projeto enfrentou problemas técnicos e desafios financeiros, levando à sua paralisação após alguns meses. No entanto, o projeto Pelamis permitiu recolher informações valiosas e influenciou desenvolvimentos futuros na tecnologia de energia das ondas.

Outros dispositivos conversores de energia das ondas que estão a ser testados ao largo da costa de Portugal, incluem o

⁶ Texto produzido pela CEZCM. Relatores: Luciana das Neves e Paulo Rosa-Santos.

HiWave-5 Wave Energy Converter (WEC) da CorPower Ocean, na Aguçadoura, e o WaveRoller, desenvolvido pela AW-Energy, e que está a ser testado ao largo da costa de Peniche.

As tecnologias de energia das ondas estão, de uma maneira geral, ainda numa fase inicial de desenvolvimento, sendo necessária investigação e desenvolvimento substanciais e ainda testes em condições reais no mar.

A Universidade do Porto, nomeadamente através da Faculdade de Engenharia (FEUP) e do Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), o Instituto Superior Técnico (IST) e o WavEC - Offshore Renewables, sediados em Lisboa, estão na vanguarda da investigação em energias renováveis marinhas em Portugal. A Universidade do Porto foca-se na caracterização de recursos renováveis offshore e no desenvolvimento e otimização de tecnologias para aproveitar a energia oceânica, incluindo a energia eólica offshore e das ondas, bem como na integração de múltiplas fontes renováveis para maximizar a produção e garantir estabilidade. Projetos notáveis incluem o WEC4Ports, ATLANTIDA, PORTOS, HYDEA e SE@PORTS. Enquanto isso, o WavEC e o IST também têm avançado no desenvolvimento de tecnologias para o offshore, através de vários projetos nacionais e internacionais. Estas instituições têm contribuído significativamente para a transição energética sustentável e para o crescimento da economia azul em Portugal.

Portugal pretende, ao longo dos próximos anos, aumentar a independência energética nacional, reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e promover o desenvolvimento sustentável da economia azul, através do desenvolvimento de toda a fileira das energias renováveis offshore.

O recém-aprovado Plano de Afetação das Energias Renováveis Offshore (PAER), que procede ao ordenamento e à identificação das áreas, em zonas marítimas ao longo da costa continental portuguesa, com potencial para a exploração comercial de energias renováveis oceânicas, como a energia eólica e a energia das ondas, é um passo fundamental para alcançar essa ambição. Através deste plano, o governo português adota uma abordagem estruturada para o uso do espaço marítimo, levando em conta a coexistência de diversas atividades e a preservação dos ecossistemas marinhos. Além disso, assegura a viabilidade económica dos projetos ao identificar áreas com as melhores condições naturais para a instalação de parques de energia de origem oceânica. Dessa forma, o PAER contribui para o cumprimento da meta do Governo de atingir uma capacidade de 2GW até 2030. Espera-se que o primeiro leilão de licenças de parques eólicos offshore seja emitido ainda em 2025 e que possa atrair investimentos capazes de gerar uma nova cadeia de valor local e contribuir para a transição de Portugal para uma economia de baixo carbono.

Quando desenvolvido, o sector da energia eólica offshore em Portugal tem potencial para criar emprego e reduzir as importações de energia, contribuindo para a segurança energética e o crescimento económico. O processo de licenciamento de parques eólicos é ainda lento e complexo. As novas regras da UE e o pacote da energia eólica da Comissão Europeia visam simplificar estes procedimentos.

Outro desafio importante para o desenvolvimento do sector eólico offshore, são os constrangimentos das infraestruturas portuárias. Muitos portos portugueses carecem das infraestruturas necessárias para suportar o desenvolvimento do sector. Nomeadamente, são necessários investimentos para modernizar as instalações portuárias, incluindo condições de acesso, capacidades de transporte pesado e grandes áreas de armazenamento. Os portos precisam de infraestruturas para ligar os parques eólicos offshore à rede nacional e desenvolver soluções de armazenamento de energia para gerir a

natureza intermitente da energia eólica. Neste sentido, é essencial atrair investimento público e privado para modernizar a infraestrutura portuária e garantir a viabilidade económica sector offshore através de políticas e incentivos favoráveis, cruciais para o seu desenvolvimento.

A razoável simplicidade dos processos regulamentares e de licenciamento, sem detrimento do essencial cumprimento das regulamentações ambientais necessário para minimizar o impacto nos ecossistemas marinhos, é essencial para a promoção do sector das energias marinhas offshore. Também é necessário o estabelecimento de uma cadeia logística local robusta de fabricação de componentes eólicos offshore, bem como da criação de redes adequadas e eficientes para transporte e instalação dos parques eólicos offshore, nomeadamente nas infraestruturas portuárias. Finalmente, são necessários programas de formação para desenvolver as competências necessárias a uma força de trabalho qualificada, a fim de garantir altos padrões de qualidade e segurança.

Olhar o FUTURO

1. As Alterações Climáticas

As alterações climáticas têm provocado mudanças significativas nos ambientes costeiros, apresentando uma série de ameaças e desafios, mas também trazendo oportunidades para a sua adaptação, adotando-se estratégias de desenvolvimento sustentável. Apresentam-se as principais ameaças, desafios e oportunidades para as zonas costeiras, com foco na degradação da qualidade da água, aumento da exposição aos perigos associados a eventos extremos e a necessidade de novas soluções na sua ocupação e no desenvolvimento de atividades económicas.

Ameaças

1. Degradação da Qualidade da Água e dos Ecossistemas:

- A ocupação crescente do litoral resulta na deterioração da qualidade das massas de água estuarinas e costeiras, afetando a biodiversidade marinha e a saúde dos ecossistemas.
- A acidificação dos oceanos e a intrusão salina são efeitos das alterações climáticas que comprometem os recursos hídricos e os habitats naturais.

2. Aumento da Exposição:

- Eventos climáticos extremos, como tempestades e inundações, são cada vez mais frequentes e severos, aumentando os riscos para as comunidades costeiras.
- A subida do nível do mar contribui para a intensificação da erosão das praias e falésias, ameaçando infraestruturas e habitações.

Desafios

1. Adaptar as Zonas Costeiras com Novas Soluções:

- É necessário repensar a ocupação costeira de forma a serem mais resilientes aos efeitos das alterações climáticas.
- O desenvolvimento urbano deve integrar princípios de sustentabilidade e resiliência para reduzir a vulnerabilidade das comunidades costeiras.

2. Gerir a Sazonalidade da Pressão sobre a Ocupação das Zonas Costeiras:

- As zonas costeiras frequentemente enfrentam pressão sazonal devido ao turismo. Gerir essa pressão é essencial para minimizar os impactos ambientais e manter a qualidade de vida dos residentes.
- A adoção de estratégias de turismo sustentável pode equilibrar o fluxo de visitantes ao longo do ano, reduzindo a sobrecarga durante as temporadas de pico.

Oportunidades

1. Valorização Económica:

- As alterações climáticas podem abrir novas oportunidades para valorizar economicamente as zonas costeiras através do desenvolvimento de energias renováveis, como a eólica e a marinha.

- Investir na preservação ambiental pode atrair turismo ecológico e gerar receitas para as comunidades locais.
- 2. Identificação de Novas Oportunidades de Negócio:**
 - Novos setores podem emergir com o foco em soluções climáticas, como a aquicultura sustentável, a restauração de ecossistemas e a inovação tecnológica para a proteção costeira.
 - 3. Criar Novas Oportunidades de Desenvolvimento Económico Sustentável:**
 - O incentivo ao uso de tecnologias limpas e à economia circular pode promover o desenvolvimento sustentável e criar empregos verdes.
 - Projetos de conservação e restauração de habitats naturais podem fortalecer a resiliência costeira e oferecer benefícios socio-económicos.
 - 4. Desenvolvimento de Novas Formas de Gestão e Uso do Espaço Marítimo:**
 - A gestão integrada do espaço marítimo pode otimizar o uso dos recursos marinhos, garantindo a proteção ambiental e o desenvolvimento económico.
 - Políticas de uso do solo que considerem as especificidades do território são essenciais para a adaptação às mudanças climáticas e a mitigação dos seus impactos.
 - 5. Adequação dos Diferentes Usos às Especificidades do Território:**
 - É crucial adaptar os usos costeiros às características únicas de cada região, promovendo a resiliência local e garantindo a sustentabilidade das atividades económicas e sociais.

2. Intensificação da ocupação e usos do Litoral e Mar

As zonas costeiras são áreas de grande importância ecológica, económica e social, mas estão cada vez mais ameaçadas pela intensificação da ocupação e dos usos do litoral e mar. Estas ameaças são exacerbadas pelas alterações climáticas, que aumentam a vulnerabilidade das áreas costeiras. No entanto, com os desafios vêm oportunidades para desenvolver soluções sustentáveis e inovadoras.

Ameaças

- 1. Aumento de Inundação e Erosão em Zonas Costeiras:**
 - A intensificação da ocupação costeira, juntamente com o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos, resulta em maior risco de inundações e erosão.
 - A erosão costeira não degrada apenas os habitats naturais, mas também ameaça infraestruturas, propriedades e meios de subsistência das comunidades locais.
- 2. Impactos Socioeconómicos em Zonas Costeiras:**
 - As áreas costeiras dependem, frequentemente, de atividades como turismo e pesca, que são vulneráveis aos impactos das alterações climáticas.
 - As inundações e a degradação ambiental podem levar à perda de empregos, diminuição das receitas turísticas e deslocamento de populações.

Desafios

1. Gestão Costeira Adaptada às Alterações Climáticas com Minimização de Impactos:

- É crucial desenvolver estratégias de gestão costeira que considerem os riscos climáticos e implementem medidas para minimizar os impactos ambientais e socioeconómicos.

2. Desenvolvimento de Novos Modelos de Gestão:

- Novos modelos de gestão que integrem a sustentabilidade e a resiliência são necessários para enfrentar os desafios impostos pelas alterações climáticas e a intensificação da ocupação costeira.

3. Desenvolvimento de Novas Tecnologias para Aumento da Resiliência Costeira:

- A inovação tecnológica é essencial para criar soluções que aumentem a resiliência das zonas costeiras, como sistemas de monitorização e previsão, infraestruturas resistentes e métodos de proteção costeira.

4. Desenvolvimento e Implementação de Ferramentas de Comunicação Eficazes:

- Ferramentas de comunicação eficazes são necessárias para informar e envolver a população na preservação e adaptação às mudanças nas zonas costeiras.

Oportunidades

1. Novas Soluções Sustentáveis de Proteção Costeira (Tipo Nature Based):

- Soluções baseadas na natureza, como a restauração de sapais, dunas e pradarias marinhas, oferecem proteção costeira eficaz enquanto promovem a biodiversidade e a resiliência ambiental.

2. Aumentar a Literacia (Informação):

- A educação e a sensibilização sobre as ameaças e as oportunidades relacionadas às alterações climáticas são fundamentais para promover a ação coletiva e a adoção de práticas sustentáveis.

3. Desenvolvimento Tecnológico e de Soluções Inovadoras de Adaptação:

- Investir em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras pode levar a soluções mais eficazes e sustentáveis para a adaptação às mudanças climáticas.

4. Consciencialização da Generalidade da População para as Ameaças:

- Promover a consciencialização sobre as ameaças climáticas e ambientais pode incentivar a participação da sociedade na proteção e gestão das zonas costeiras.

5. Desenvolvimento de Novas Oportunidades de Negócio:

- A criação de novos negócios relacionados à sustentabilidade e à resiliência costeira pode impulsionar a economia local e gerar empregos verdes.

Conclusão

A zona costeira portuguesa tem sido alvo de crescente atenção devido à sua importância ecológica, económica e social. O reconhecimento desta importância levou à criação de diversos instrumentos legais e estratégias. Apesar dos esforços significativos, a zona costeira enfrenta desafios críticos, incluindo a erosão acelerada, a subida do nível do mar e os impactos das alterações climáticas. A degradação da qualidade da água e a intrusão salina comprometem os ecossistemas marinhos, enquanto eventos climáticos extremos aumentam os riscos para infraestruturas e habitações.

Para o futuro, é crucial adotar novas soluções urbanísticas e económicas que promovam a resiliência e a sustentabilidade das comunidades costeiras. A gestão integrada e a cooperação entre entidades são fundamentais para mitigar os impactos climáticos e garantir a preservação dos ecossistemas. O desenvolvimento de tecnologias inovadoras e soluções baseadas na natureza, oferecem oportunidades para proteção da costa e promoção da biodiversidade.

Mas para se tomarem as melhores e mais informadas decisões para a gestão do nosso litoral urge aumentar a literacia e a sensibilização da população sobre as ameaças climáticas para fomentar a ação coletiva e a adoção de práticas sustentáveis.

Referências Bibliográficas

- Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M.I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71, 4-12.
- APDL (2020). Relatório Anual. Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo.
- APL (2020). Relatório de Sustentabilidade. Administração do Porto de Lisboa.
- APSS (2020). Relatório de Atividades. Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra.
- CEZCM (2020). O papel dos portos portugueses na economia nacional e a respetiva estratégia para o futuro. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH).
- Hall, P. V. (2007). Seaports, urban sustainability, and paradigm shift. *Journal of Urban Technology*, 14(2), 87-101.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.P. (2005). Port regionalization: Towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, 32(3), 297-313.
- OECD (2019). *The Ocean Economy in 2030*. OECD Publishing.
- PAL (2024). Plano de Ação do Litoral XXI. APA.
- PIANC (2010). Dredging and port construction around coral reefs. PIANC Report.
- REA (2024). Relatório do Estado do Ambiente. APA.

CAPÍTULO 7

ÁGUA, TERRITÓRIO E CULTURA



ÁGUA, TERRITÓRIO E CULTURA: CULTURA DE CIÊNCIA AO SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO EQUILIBRADO DAS NAÇÕES

Maria Vale e Fátima Bacharel

Comissão Especializada da Água, Território e Cultura (CEATC) da APRH

1. Água, território e cultura

A água e o território consolidam uma estreita relação no quadro de desenvolvimento das nações. Na história da civilização humana a disponibilidade de água é fundamental para a fixação dos povos, está na origem de conflitos e é determinante para consolidar a paz.

A estreita relação entre a água e o território influencia diretamente a organização do espaço, as atividades económicas que nele têm lugar e a qualidade de vida das populações. Sabendo que ela condicionou e atravessou todas as civilizações, perceber o passado ajuda-nos a compreender melhor o presente e a preparar de forma mais sólida o futuro.

A água, sendo um recurso fundamental ao desenvolvimento das sociedades, sofre uma procura crescente e está sujeita a grande pressão. Garantir no planeamento e gestão territorial o acesso a água em quantidade e de qualidade adequada ao uso, no presente e no futuro, em cada território, constitui por isso um grande desafio identificado pelas Nações para o século XXI.

O planeamento e gestão da água envolve o conhecimento da distribuição de disponibilidades, necessidades e usos em cada realidade espaço-temporal concreta, e dinâmica. Dada a procura crescente é também fundamental não esgotar a capacidade de sustentação do meio, e articular o uso com a preservação deste recurso na origem, em quantidade e qualidade adequada a cada utilização, natural e antropogénica.

O uso mais exigente e o primeiro a considerar para a sobrevivência dos povos é, sem dúvida, o abastecimento humano em água potável. Este é o uso mais exigente em termos de qualidade na origem que convém, em qualquer realidade concreta, acautelar. Foi o abastecimento humano e abastecimento de água para a agricultura, ligado à produção de alimento, a preocupação milenar do Homem, que ditou a sua fixação em cada lugar, e que em larga extensão ditou a evolução das civilizações no território. A saúde humana é um bioindicador relevante da saúde dos ecossistemas.

No século XXI, o problema do acesso à água requer, para além do esforço relativo à cobertura e eficiência do serviço e do uso do recurso, a monitorização das reservas de água disponíveis, no seu estado bruto, em qualidade e quantidade em cada território; implica que se avalie a sustentabilidade das diferentes utilizações existentes e programadas, e do risco que implicam para a preservação das reservas de água bruta de que depende o abastecimento humano.

É esta dualidade de análise, usos e afetação do espaço e da água, que se detalha neste capítulo. Primeiro explora-se a compreensão do problema no contexto internacional, apresentando uma visão abrangente e de conjunto, partindo de uma distribuição das disponibilidades hídricas muito diversas, estágios diferentes de desenvolvimento que ditam também problemas diferentes a resolver.

Enquadra-se a análise no contexto da apreciação da evolução do cumprimento dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pelas Nações Unidas; exploram-se em particular os mais diretamente associados à avaliação das disponibilidades de água, e ao abastecimento para consumo às populações. Faz-se uma análise do problema no quadro da realidade portuguesa. Finalmente ilustra-se a necessidade de progredir na recolha adequada de dados como na capacidade de efetuar análises úteis e compreender as que são apresentadas em diferentes estudos e plataformas.

Fica patente na exposição apresentada que o detalhe de análise se afasta muitas vezes da média que consolida uma apreciação genérica, e que é no detalhe que verdadeiramente a realidade se torna mais concreta. Percebe-se ainda a relevância dos dados e da integração de ferramentas dinâmicas de gestão de informação como fundamentais para consolidar uma boa abordagem compreendendo o rigor e a aplicação adequada dos dados ou sínteses apresentadas. Um problema complexo como a gestão integrada da água e do espaço, requer uma análise cuidada e o compromisso de todos os actores, num contexto de responsabilidade verdadeiramente partilhada de custos e benefícios relativos à fruição de um recurso comum: a água, num espaço limitado: o planeta Terra.

1.1 O contexto internacional e a sustentabilidade de gestão da água

A gestão eficiente da água, intimamente ligada ao território, envolve o conhecimento estimativo da quantidade e qualidade disponível para cada utilização no espaço e no tempo, o que constitui um enorme desafio para o planeamento e gestão territorial. Esta é a perspetiva refletida na Carta Europeia da Água (1968) e na Agenda 2030 e identificada claramente pelas Nações para o século XXI.

Segundo os últimos relatórios das Nações Unidas, as reservas de água têm vindo a sofrer decréscimos em muitas regiões, atingindo os recursos hídricos nalguns casos níveis de stress preocupantes, chegando a interferir com a capacidade de garantir o abastecimento de água às populações, em condições próximas do estado natural compatível com a promoção da saúde humana, e sem que seja refletido no preço o custo da gestão menos adequada.

O referido decréscimo verifica-se, em quantidade como em qualidade de água disponível, no espaço e no tempo, apontando a maioria das estimativas para cenários difíceis em que a água pode ser um recurso potenciador de conflitos locais ou de conflitos entre nações.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), são mais de 150 os países do mundo que partilham entre si cursos de água, lagos ou aquíferos que suportam os seus modelos de desenvolvimento.

Nas próximas décadas a expectativa é do adensamento dos conflitos de usos, quer por via de alterações no ciclo hidrológico decorrentes de mudanças no clima, quer resultantes de acréscimo de procura associada aos diferentes usos: à agricultura, à produção de energia limpa, à produção industrial e ao consumo doméstico. A pressão da procura, induzida pelo vetor económico e associada a cada um destes usos, assume diferentes contornos consoante o estado e modelo de desenvolvimento territorial e os hábitos de consumo associados ao enquadramento cultural de cada país, o seu regime hídrico, regime normativo e cenários de investimento económico.

Os principais grupos de usos normalmente considerados na bibliografia (doméstico, agrícola, produção de energia, industrial e recreio e lazer) têm associados níveis de pressões e consumos diferenciados e encerram dificuldades, maiores ou menores, em reverter situações de stress hídrico.

A procura de água e a competição por este recurso é no momento presente tão grande que a sua gestão equilibrada está no centro das preocupações de entidades como a ONU, que estima que em 2050 mais de metade da população viverá em locais com abastecimento de água deficiente.

É na tentativa de evitar conflitos que surgem diferentes acordos e convenções associadas à água. Depois da Carta Europeia da Água (1968) surge a Convenção da Água, aprovada em Helsínquia, (Convenção da Água, 1992, adotada a 17 de março), elaborada no quadro da Comissão Económica para a Europa das Nações Unidas (está em vigor em Portugal desde 6 de outubro de 1996 (D.R. nº219, 1ª Série A, de 22.09.98)) tem como objetivo central promover uma gestão sustentável e pacífica das bacias transfronteiriças e evitar potenciais conflitos, procurando promover a utilização racional e equitativa do recurso e prevenir situações de stress, integrando orientações para uma política de gestão sustentável.

A Convenção da Água assume uma relevância internacional crescente e envolve mais de 130 países, incentivando uma cultura sustentável de gestão assente na partilha de informação, de experiências e melhores práticas associadas à água, (ONU, 2023).

Reveste-se ainda de alguma importância para Portugal a Convenção relativa à Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas, assinada em Albufeira em 30 de novembro de 1998 (Convenção de Albufeira, 1998). Esta Convenção regula quer a proteção das massas de água partilhadas com Espanha, quer as utilizações a regulamentar.

Para isso, integra mecanismos específicos de cooperação, que abrangem as águas superficiais e subterrâneas, bem como os ecossistemas aquáticos e terrestres que deles diretamente dependem, e as atividades de aproveitamento dos recursos hídricos, em curso ou projetadas, em especial aquelas que sejam suscetíveis de causar impactos transfronteiriços nos Recursos Hídricos.

Ainda que alguns progressos se tenham alcançado no que ao acesso a água potável diz respeito, há ainda muito a fazer para caminhar no sentido de se alcançar no futuro um equilíbrio de gestão efectiva da água e, claro, do espaço. É no contexto da integração água e território que se explora o tema deste equilíbrio de gestão nos pontos seguintes.

1.1 A água potável e o ordenamento do território

1.1.1 O contexto internacional

A água é essencial à vida e em particular à vida humana. Deve estar por isso no centro das preocupações de um processo de desenvolvimento equilibrado, consolidado no ordenamento e gestão do espaço.

Sendo essencial ao desenvolvimento, o tema da água desempenha um papel central nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, aceites por 193 nações a nível mundial e agora já em revisão.

No contexto do cumprimento dos ODS, percebe-se a água como transversal a qualquer programa de desenvolvimento, no entanto no quadro internacional o problema reveste-se de contornos muito diversos. Desde logo pois a distribuição do recurso água surge no mundo com uma distribuição muito desigual o que determina para cada nação ainda que num mesmo estágio de desenvolvimento, problemas concretos muito diversos a resolver.

O problema na Europa também é diferente consoante a região ou o lugar a analisar e a realidade altera-se substantivamente também com o momento a considerar no tempo. É importante associar a acção a cada realidade concreta, e a cada espaço temporal, trabalhando progressivamente com análises e dados associados à caracterização real, de uma realidade que é dinâmica.

Na impossibilidade de olhar para todos os Objectivos traçados pelas NU no contexto da relevância da água explora-se aqui apenas com algum detalhe a apreciação do cumprimento do ODS 6, "Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e de saneamento para todos", por ser aquele que está, numa primeira visão, mais diretamente relacionado com o âmbito deste capítulo.

O ODS 6 integra o cumprimento das seguintes metas:

1. Acesso Universal à Água Potável: Até 2030, assegurar que todas as pessoas tenham acesso equitativo a água potável segura e a preços acessíveis.
2. Saneamento e Higiene Adequados: Até 2030, garantir acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, com especial atenção às necessidades do género feminino e populações vulneráveis.
3. Qualidade da Água: Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, minimizando a libertação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo para metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização a nível global.
4. Eficiência no Uso da Água: Até 2030, aumentar significativamente a eficiência no uso da água em todos os setores e assegurar extrações sustentáveis para enfrentar a escassez hídrica.
5. Gestão Integrada dos Recursos Hídricos: Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, incluindo através da cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.
6. Proteção de Ecossistemas Relacionados com a Água: proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, como montanhas, florestas, zonas húmidas, rios, aquíferos e lagos (uma meta para 2020, entretanto ultrapassada). Integram-se neste objectivo, até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento. apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento.

A análise em detalhe destas metas permite-nos perceber a sua íntima relação com a distribuição do recurso, atendendo à distribuição da população e das atividades humanas no território, por forma a avaliar as necessidades actuais e futuras, quer de abastecimento quer de saneamento, no espaço e no tempo. Permite-nos, designadamente, perceber a necessidade de caracterizar cada realidade concreta, bem como o modelo socioeconómico atual, programas e planos de desenvolvimento territorial específicos, disponibilidades hídricas presentes, em quantidade e qualidade, e respetivos efeitos na programação de investimentos e acréscimos esperados de consumo e impacto sobre os recursos decorrentes da sua execução.

Ocorreram nas últimas décadas progressos significativos em matéria de desenvolvimento das nações. A figura 1 ilustra uma estimativa da evolução da proporção da população com acesso a serviços de abastecimento de água potável por país, entre 2002 e 2022. Os dados sintetizados apontam, a esta escala de apreciação, no sentido de uma evolução favorável.

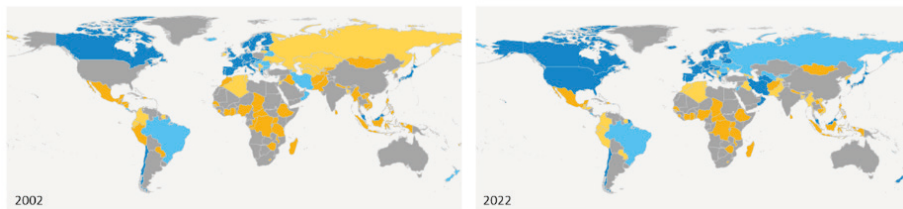


Figura 1. OSD 6 - 6.1.1 - Proporção da população com acesso a serviços de abastecimento de água potável.

Fonte: [https://data.worldbank.org/\(13/11/2025\)](https://data.worldbank.org/(13/11/2025)).

No entanto existe, segundo as Nações Unidas, um progresso muito lento, ou mesmo retrocessos no cumprimento das metas traçadas pelos ODS, no sentido de se caminhar para um desenvolvimento verdadeiramente integrado e sustentável.

Mantendo a escala de apreciação e o suporte da mesma plataforma de dados aprecie-se o problema numa outra perspetiva. A figura 2 a) ilustra a estimativa apresentada para a distribuição da percentagem da população que usa serviços de água seguros; parece coincidir nalguma extensão com o que consideramos serem países com níveis de desenvolvimento mais elevado na cultura ocidental; Num olhar mais estreito no entanto é curioso perceber que , quando olhamos o problema na perspetiva dos níveis de extração de água doce em % do total, as situações de stress hídrico perspectivam-se para alguns deles preocupantes.

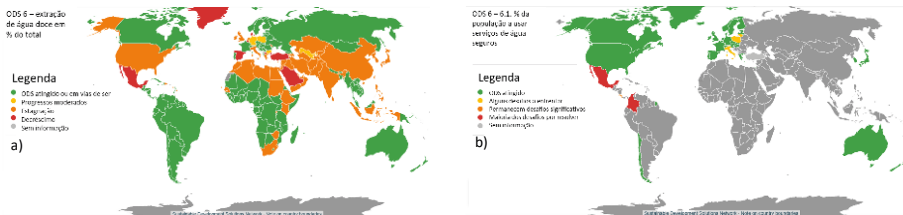


Figura 2. a) –Estimativa da percentagem da população a usar serviços de água seguros b) Estimativa da extração de água doce em % do total.

Percebe-se, também a dificuldade de sistematizar informação fiável e comparável relativa aos diferentes países, para uma apreciação mais completa e válida do problema no quadro internacional.

Note-se que a prevenção de stress hídrico tem também contornos e realidades muito diferentes, no espaço como no tempo. A figura 3, agora explorando uma plataforma de dados diferente, associada à realidade Europeia e ao acompanhamento da Diretiva Quadro da água, ilustra condições sazonais de escassez de água, desiguais nas regiões hidrográficas europeias, estimadas pelo *World Exploitation Index Plus (WEI+)*, para os trimestres de verão e de Inverno, em 2022 (Agência Europeia do Ambiente, (EEA, 2024).

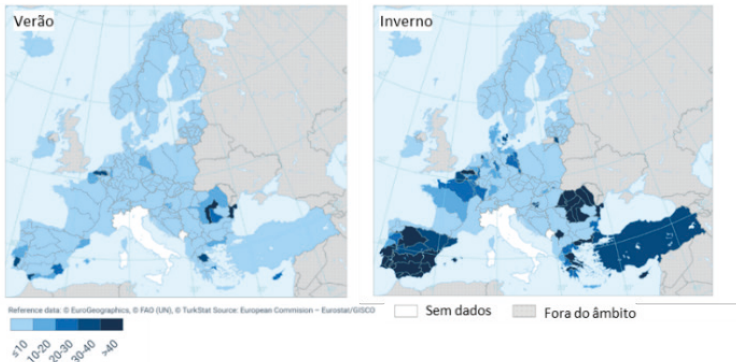


Figura 3. Condições sazonais de escassez de água nas RH europeias para o trimestre de Inverno e verão de 2022, estimadas pelo *World Exploitation Index Plus (WEI+)*.

Recorda-se que o stress hídrico é induzido pelo decréscimo de quantidade, mas também pelo decréscimo de qualidade, ambos circunstanciando o uso. O relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a execução da Diretiva-Quadro da Água (2000/60/CE) e da Diretiva Inundações (2007/60/CE) refere que a maioria dos Estados-Membros não espera alcançar um bom estado em todas as suas massas de água até 2027. Portugal também enfrenta problemas de recuperação da qualidade de massas de água, algumas muito relevantes para o abastecimento, (ver REA (2024)).

Uma análise cuidada aos objectivos traçados pelas Nações Unidas deixa antever que o objectivo de garantir o acesso a água potável, envolve o serviço de distribuição, sobretudo em países ainda com níveis mais difíceis do seu processo de desenvolvimento; mas o tema, para além de estar relacionado com este serviço, envolve também a fundamental preservação das reservas de água bruta de que estes dependem.

Percebe-se que nos países mais ricos o problema não se esgota no acesso ao serviço, antes requer uma revisão do modelo de gestão no sentido de reduzir o stress hídrico nas bacias com captações para abastecimento, para não comprometer a disponibilidade do recurso. De facto, ainda que a cobertura da população servida seja de 100%, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade na bacia onde está fundeada a captação pode deixar de existir, em períodos mais ou menos alargados no tempo, o que compromete o abastecimento da população.

Cada realidade concreta explica como se detalha o objectivo para resolver os problemas que nela se colocam. No caso dos países mais ricos o stress hídrico aumenta, associado a modelos de desenvolvimento desajustados da taxa de renovação do recurso ponderados os usos e ocupações do solo que o modelo de governança permitiu acolher. Há que ponderar, no quadro da renovação de disponibilidades hídricas, a distribuição equitativa e justa dos benefícios e custos associados ao consumo deste recurso, face às perspetivas de desenvolvimento associadas à sua espacialização e grau de consumo.

Um modelo de desenvolvimento Um modelo de desenvolvimento integrado e planeamento responsável, da competência do Estado, assegurará o papel fundamental de enquadrar interesses e consolidar opções de desenvolvimento territorial adequados ao conjunto dos lugares, que respeitem a taxa de renovação do recurso, afinal a única forma de consolidar desenvolvimento efetivo e justo.

1.2.2 O contexto Português

Como se afirma neste capítulo, a gestão da água integra e condiciona a cultura milenar de cada povo marcando a evolução das necessidades humanas básicas, a pobreza muitas vezes associada ao acesso ou à afetação do recurso de forma desigual, a saúde pública, a produção agrícola e a garantia de segurança alimentar, a segurança energética e a produção de energia limpa, a produção industrial e a gestão equilibrada dos ecossistemas.

Segundo o último relatório publicado pelo INE de acompanhamento quantitativo da Agenda 2030, o ODS 6 (Águas potáveis e saneamento), é para Portugal, dos objectivos com a maior percentagem de indicadores com desempenho favorável (superior ou igual a 80%).

Convirá, no entanto, aprofundar este indicador no detalhe da informação que integra a análise para, com rigor, perceber do seu efetivo cumprimento e das apostas de gestão que Portugal tem de fazer para caminhar no sentido de um crescimento socioeconómico realmente efetivo. A figura 4, detalha a síntese incluída no último relatório publicado pelo INE (INE setembro de 2024) da análise do ODS 6 para Portugal, nas suas diferentes componentes.

A evolução relativamente ao acesso à água é positiva para o caso português, em que o acesso a água e saneamento é de quase 100% (valor estimado de 97% para Portugal Continental (INE, 2024).

No entanto, quando detalhamos a avaliação do problema percebemos contornos diferentes e problemas emergentes que convém ter presentes no quadro de investimento, como no plano de desenvolvimento a desenhar para Portugal.

Atente-se na figura 5 à desigual distribuição dos recursos hídricos em Portugal continental; atente-se ainda ao problema da evolução da qualidade da água total e por bacia, superficial e subterrânea relatada pela APA no último relatório do Estado do Ambiente (APA, 2024).

Percebe-se que a abordagem ao desenvolvimento que se desenhe para o futuro de Portugal deve obrigatoriamente enquadrar esta realidade para que se consolide um modelo de desenvolvimento justo, em termos de distribuição de custos e benefícios, ponderando custos para as populações. Cabe ao Estado que orienta a ação no seu período de governação, abraçar opções de afetação do recurso equilibradas, num modelo que permita reduzir stress hídrico sobretudo nas bacias que encerram reservas de água estratégicas para o desenvolvimento humano e para a promoção da saúde da população.

Uma análise cuidada permite perspetivar os conflitos potenciais de usos por um recurso que, ainda que renovável, facilmente se torna escasso quando se constroem modelos de desenvolvimento dependentes das mesmas reservas hídricas, desarticulados entre si e que, no somatório de usos presentes e programados, induzem stress hídrico mais ou menos grave no espaço e no tempo.

Os exercícios de planeamento, tal como a execução das operações de transformação de uso e ocupação do solo, devem garantir a preservação da quantidade e qualidade de reservas de água, próxima do seu estado natural, por forma a garantir o abastecimento de água potável de qualidade às populações, num quadro justo de custos e benefícios de acesso ao recurso.

Os exemplos integrados no ponto 2. neste capítulo ilustram a relevância desta abordagem, em duas propostas de atuação, para a consolidação de desenvolvimento efetivo em cada território.

Indicador Global	Indicador	Estatuto	Nível geográfico	Unidade	Série numérica					
					2011	2015	2021	2022	2023	
6.1 6.1.1 Proporção da população que utiliza serviços de água potável	Água segura	PR	Portugal		97,8	98,6	99,0			
			Continente	%		98,7	99,0			
	Proporção de alojamentos servidos por abastecimento de água	PR	Portugal		x	x	x			
			Continente		94,0 *	95,0 *	96,0 "			
	Água distribuída per capita	C	Portugal	l / dia litres / day	178,6 *	174,2 *	175,1 "	x		
			Continente		175,1 *	170,7 *	171,0 "	175,1		
6.2 6.2.1 Proporção da população que utiliza (a) serviços de saneamento seguros e (b) instalação de lavagem das mãos com água e sabão	Proporção da população residente que vive sem banheiro, duche e retrete no interior do alojamento	Total			1,0	0,9	0,3	0,4	0,3	
		Em risco de pobreza	PR	PT	%	1,7	2,4	0,7	1,3	0,9
6.3 6.3.1 Proporção do fluxo de águas residuais domésticas e industriais tratada com segurança	Proporção de alojamentos servidos por drenagem de águas residuais	PR	Portugal		x	x	x			
			Continente	%	80,0 *	83,0 *	86,0 *			
	Proporção da superfície das massas de água com bom estado global (% da área total)		Continente				41,4 (a)	37,9 (c)		
	Proporção da superfície das massas de água com bom estado/potencial ecológico (% da área total)*						42,0 (a)	39,1 (c)		
6.3.2 Proporção de massas de água com boa qualidade ambiental	Bom	PR		%		32,3 (a)	69,6 (c)			
	Proporção da superfície das massas de água superficiais (% da área total), por classificação do estado químico		Continente				2,8 (a)	20,2 (c)		
	Desconhecido						64,9 (a)	10,2 (c)		
6.5 6.5.2 Proporção de bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional de cooperação em matéria de recursos hídricos	Proporção de bacias fluviais e lacustres transfronteiriças abrangidas por um acordo operacional de cooperação em matéria de recursos hídricos	I	PT	%						
6.a.1 Montante de ajuda pública ao desenvolvimento na área da água e saneamento, inserida num plano governamental de despesa	Total APD para o CAD 31140 e série 140 (desembolsos brutos)	PR	PT	Milhões € € million	0,45	0,38	4,44	5,86		
6.b.1 Proporção de municípios com políticas e procedimentos estabelecidos e operacionais para a participação das comunidades locais na gestão de água e saneamento										

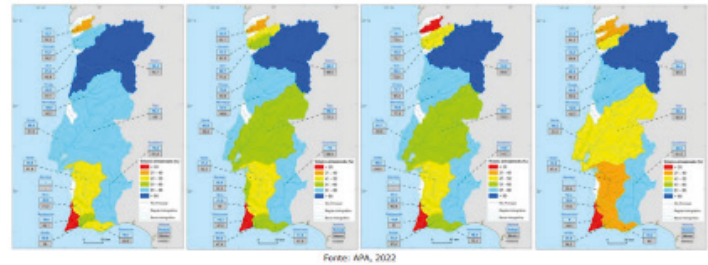
Figura 4. Extrato da avaliação do ODS 6, publicada pelo INE, para Portugal, (INE, 2024).

Estatuto: C – Complementar I – Idêntico; P – Parcial; Dados: Po – Valor provisório * Dado retificado; ** Valor estimado § – Desvio do padrão de qualidade/Coefficiente de variação elevado.

Notas: (a) Planeamento do 2.º ciclo (2016-2021); (b) Avaliação intercalar do 2º ciclo (2016-2021); (c) Planeamento do 3.º ciclo (2022-2027).

Siglas: "APA – Agência Portuguesa do Ambiente; APD – Ajuda Pública ao Desenvolvimento; CAD – Comité de Ajuda ao Desenvolvimento; NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos.

a) Armazenamento das albufeiras nos meses de outubro e abril de 2021 e de 2022



b) Armazenamento subterrâneo nos meses de outubro e abril de 2021 e de 2022

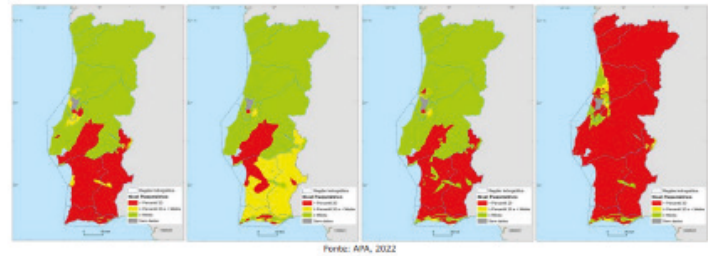


Figura 5. Estimativa de armazenamento nas albufeiras e de armazenamento subterrâneo em diferentes instantes do tempo para Portugal Continental. Fonte: APA, 2024.

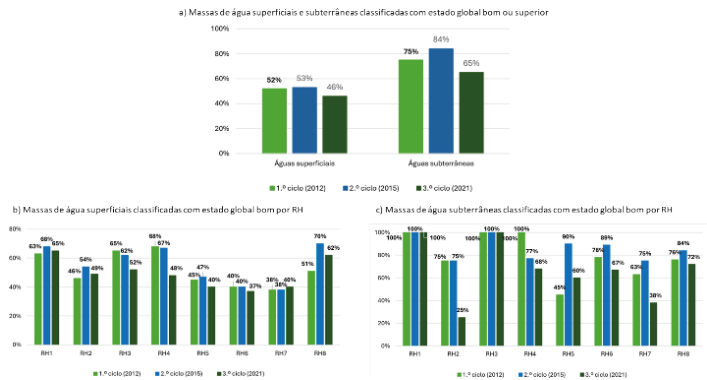


Figura 6. Estimativa da evolução da qualidade das massas de água apresentada para Portugal- Massas de água classificadas com estado global bom ou superior, para Portugal e por RH, Fonte APA. REA, 2024. Nota: A estimativa de decréscimo de estado apresentada neste relatório, aponta como razões adicionais que condicionam a apreciação evolutiva como sejam o facto de se dispor de uma rede de monitorização mais detalhada e um quadro regulamentar mais exigente, que convém também ter presente na apreciação.

1.3 Água e Território e uma nova cultura: a ciência dos dados

O momento presente abraça sem dúvida a ciência dos dados, relevando o papel e o sentido que esta área crescente, de trabalho e da ciência, pode ter para perceber melhor o problema e desenhar soluções justas e adequadas a cada realidade concreta, consolidando um desenvolvimento progressivamente mais forte e equilibrado.

No ponto anterior ilustrou-se quer a dificuldade de em detalhe consolidar conjuntos de dados consistentes e de qualidade conhecida que ajudem a caracterizar cada realidade concreta (reveja-se a figura 2a) em que a ausência de dados é patente e dificulta a análise), que partam do lugar para a generalização para o país, para a região ou para o mundo. São assim necessários dados e ferramentas que facilitem análises cruzadas e diagnósticos progressivamente mais fortes e consistentes e que promovam a troca responsável de perspetivas e capacitem decisores na decisão política e de investimento.

A divergência de apreciação, naturalmente presente quando se consolidam apreciações com diferentes conjuntos de informação de suporte, e com diferentes interesses, é natural; o que releva é o caminho, no sentido de perceber melhor à luz da ciência e da ciência dos dados os verdadeiros contornos do problema e o melhor caminho a traçar em conjunto para seguir num sentido de crescimento equilibrado.

A ciência dos dados, tomada ao serviço do bem comum potencia a possibilidade de crescer em eficiência e eficácia de gestão, tal como em justiça e equidade na afetação de recursos escassos como a água; ela contribui também para ampliar na população a cultura territorial e o conhecimento sobre os problemas de gestão da água.

Os modelos de governança têm de incorporar a variável da continuidade territorial no planeamento e gestão da água em modelos de desenvolvimento que integrem a componente sociocultural nas estratégias de gestão e afetação de recursos, com soluções que conciliem o interesse individual com o interesse coletivo e o aumento da resiliência ambiental.

A procura de estabilidade jurídica ou regulatória, que promove ou enquadra as decisões de investimento privado, determina a necessidade de transferir o modelo de governança de uma gestão estática, para um modelo de gestão adequada à realidade dinâmica própria de cada lugar, capaz de otimizar o equilíbrio entre crescimento económico e preservação do recurso, por forma a tornar resiliente cada realidade concreta, respeitando a sua cultura.

Para que melhor se perceba o que é proposto como modelo de gestão atente-se aos dois exemplos apresentados nos pontos seguintes: um ilustrando a vantagem do respeito pela cultura de cada lugar integrando este valor como vetor de desenvolvimento; o segundo descrevendo um modelo de governança, que em colaboração responsável de todos os atos consolida modelos de desenvolvimento equilibrados, com uma distribuição custos e benefícios progressivamente mais justa.

2. Água Território e cultura: Exemplos a explorar

A gestão integrada da água, numa visão de longo prazo, combina um modelo de desenvolvimento do espaço rural com o urbano, a ocupação extensiva com a intensiva, o ambiente natural com o artificial, a abordagem tradicional com a inovação tecnológica e as áreas de conservação da natureza com áreas metropolitanas de maior densidade de ocupação humana, princípio corporizado no instrumento de topo do sistema de gestão territorial - PNPOT (Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território).

O Relatório do Estado do Ordenamento do Território 2020/2022, combinado com a investigação desenvolvida no contexto do projecto TerÁgua, (Vale, M.J., 2024) apontam como prioritário, num contexto de stress hídrico associado a uma realidade espaço-temporal concreta, a necessidade de consolidar um modelo de gestão adaptativa capaz de:

- Integrar prioridades de gestão respeitando o quadro normativo em vigor; preservar reservas de água potável, estratégias para o abastecimento de água à população.
- Gerir as captações, a retenção e a utilização deste recurso, de forma a salvaguardar os ecossistemas e assegurar a utilização sustentável da água.
- Gerir a oferta e a orientação da procura de forma equilibrada: adequar os usos e designadamente as actividades mais consumptivas, como a atividade agrícola às disponibilidades reais de água, tendo em conta o potencial aumento de situações de escassez; proteger e equilibrar os solos orientando o tipo de produção adequada às suas características.
- Salvaguardar e renaturalizar as áreas de recarga de aquíferos e linhas de água, para assegurar a disponibilidade e qualidade da água.
- Alinhar a afetação e gestão de usos da água com o planeamento e gestão do território, evitando e prevenindo situações de stress induzidas quer pela sobre-exploração quer pela contaminação do recurso.
- Adequar o modelo de monitorização de recursos em quantidade e qualidade, tendo presente os usos, as descargas e a localização real ou potencial dos pontos de captação e descarga.
- Consolidar no espaço e no tempo uma efectiva monitorização do risco de stress hídrico induzido pela escassez em quantidade ou desadequação de qualidade ao uso.
- Recentrar a paisagem e as características naturais e culturais de cada território como motor de desenvolvimento efetivo.

A Investigação e a inovação de abordagem apoiada num quadro adequado de gestão de informação e modelação de processos são cruciais à eficácia e retorno do investimento, e, claro, ao processo de desenvolvimento equilibrado das nações.

A visão integrada dos territórios e o quadro adequado de inovação de gestão, apoiado pela investigação, evidenciam que a Água e o Território são afinal a mesma face da moeda do desenvolvimento.

No quadro técnico e de investigação desenvolvida em Portugal para aprofundar esta visão, os pontos seguintes constituem dois exemplos de abordagens ao ordenamento territorial integrado:

A gestão equilibrada da água e da paisagem no sistema do olival tradicional com base no projeto Ouro Líquido, na região da serra d'Aire e Candeeiros;

A construção de um modelo colaborativo de suporte à gestão integrada da água e do território, assentes num modelo inovador de gestão adaptativa, preconizado no projeto TERAGUA, em que se percebe o papel da ciência e em particular da Ciência dos dados e da Inteligência artificial, podem ter no desenvolvimento equilibrado das nações.

2.1 Gestão da Paisagem e desenvolvimento integrado: O exemplo do Olival

O reordenamento e gestão da paisagem revela-se essencial para o aumento da resiliência dos territórios ao processo de desenvolvimento. Está em Portugal intimamente associado ao Programa de Transformação da Paisagem, promovido pela DGT e que na sua génese surge como forma de reduzir a vulnerabilidade dos territórios ao fogo. Este programa evoluiu no sentido mais amplo, de assegurar um melhor desempenho dos serviços de ecossistemas, e de promover dinâmicas da economia rural capazes de gerar um rendimento que permita manter a dinâmica social dos lugares.

O aumento de resiliência do modelo de desenvolvimento, no contexto da cultura dos lugares, está intimamente ligado à promoção de atividade agrícola e da sua relação de proximidade com outros sectores de potencial desenvolvimento.

O olival tradicional representa um legado cultural mediterrânico inter-geracional e o seu testemunho de sustentabilidade, permanência e potencial de competitividade requer uma abordagem política integrada.

A produção de azeite em olival tradicional extensivo é uma prática milenar nos países mediterrânicos, representativa do conceito de sustentabilidade ecológica e de gestão de recursos.

A tradicional economia de subsistência associada à escassez de água, conduziu à organização das comunidades para a criação e partilha de estruturas de aprovisionamento, minimizando em simultâneo os conflitos de uso.

Relevam-se, desde a cultura cisterciense até à época moderna, as práticas e técnicas da economia da água adotadas pelas estruturas comunitárias que permitiram a fixação de população na paisagem do maciço calcário das Serras de Aire e Candeeiros.

Ainda assim, as necessidades para consumo implicavam várias deslocações diárias às fontes ou aos poços do povo, a que se sucederam os contratos de fornecimento de água a troco de dinheiro, géneros ou trabalho agrícola, alargados às práticas culturais em casos de seca prolongada.

Os sistemas comunitários, abandonados já no século XX, devido à criação de estruturas de retenção de água de carácter privado, como as cisternas e poços, e com a progressiva resolução do abastecimento de água às populações, retiraram funcionalidade à estratégia da economia da água.

A abordagem do Projeto Ouro Líquido (2024), em conjunto com os princípios e conceitos preconizados nos Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem, pode representar um contributo significativo para a coesão social e territorial na atualidade.

Com políticas bem articuladas, em que se integrem as diferentes formas de produção, a promoção da azeitona e do azeite português proveniente do olival tradicional, pode acrescentar valor à economia e remuneração dos fatores de produção, à semelhança das abordagens de países como Itália ou Croácia.

O projeto Ouro Líquido, constituiu efetivamente uma iniciativa pioneira na exploração do Olival tradicional e é uma base para uma abordagem inovadora de desenvolvimento integrado e responsável da agricultura tradicional. No seu papel aglutinador da comunidade, constitui em si próprio um projeto de demonstração de uma estratégia de governança, integradora do interesse público e privado, feita com responsabilidade.

A busca da sustentabilidade e da competitividade das regiões descritas neste projecto para o sector olivícola, podem

complementar a abordagem dos instrumentos do Programa de Transformação da Paisagem, identificando questões decisivas para a gestão territorial:

1. Perceber os serviços que cada sistema cultural, (neste caso o Olival tradicional) presta ao funcionamento e equilíbrio dos ecossistemas;
2. Analisar o detalhe do ciclo de vida de uma cultura e a sua ligação com o sector da água e de preservação do solo;
3. Perceber a vantagem da colaboração e de como unir esforços para a viabilidade crescente das atividades ligadas ou conexas a cada tipo de produção, competindo num mercado aberto;
4. Como articular interesse público e privado na definição de políticas públicas que promovam viabilidade económica nas explorações.

As políticas públicas devem, assim, em resposta às necessidades identificadas e em relação direta com as comunidades, ter em conta no desenvolvimento, no ordenamento do território, na coesão territorial e na inovação a complementaridade e o potencial dos diversos setores, preservando e tirando partido da nossa cultura e identidade.

2.2 A preservação de reservas de água potável: TERAGUA - O exemplo da Albufeira do Castelo do Bode

Para garantir a preservação em quantidade e qualidade da água em bacias que integrem captações estratégicas para abastecimento e cumprir os ODS, em particular o ODS 6 apresentado com algum detalhe no ponto 1 deste capítulo, há que caracterizar no quadro da realidade concreta de cada bacia hidrográfica, a ocupação do solo no território por ela abrangido e os usos que lhe estão associados e respetivas necessidades de água; há que caracterizar dependências de uso em matéria de Recursos hídricos, fora da área da bacia a par das transformações de uso do solo programadas nos Instrumentos de Gestão Territorial e o seu impacto sobre a quantidade e qualidade de água disponível, para sabermos se podemos dar-lhe seguimento ou antes se carecem de ajustamento.

Para ajudar a perceber de forma clara a relevância de promover a gestão integrada da água e do espaço, integrou-se neste capítulo a descrição da abordagem desenvolvida e aperfeiçoada ao longo de mais de 20 anos, no projecto TerÁgua, intimamente relacionado com a gestão integrada da água e do espaço e, complementarmente, para apoiar a apreciação e aplicação na realidade concreta da Diretiva Quadro da Água, DQA.

A DGQ impõe o seu retorno ao meio em qualidade equivalente àquela que serviu o uso, e, portanto, o tratamento de descargas. No entanto, a prática mostra que a evolução do uso e ocupação do solo determina muitas vezes a deterioração da qualidade e quantidade de recurso disponível. Atente-se por exemplo a três aspectos: as descargas de poluição pontual podem ser fiscalizadas e a legislação cumprida, mas requerem capacidade de investimento na manutenção e fiscalização e podem aumentar o risco de contaminação; usos que induzam risco de poluição difusa integram impactes que são difíceis de prevenir e resolver: é o caso por exemplo que aumento de pesticidas ou concentração de nitratos nas reservas de água potencialmente associados à agricultura.

Os esgotos domésticos associados ao acréscimo de ocupação nas margens de uma bacia para abastecimento também podem induzir e consolidar situações de risco de contaminação da água. Atente-se a que, por isso mesmo as maiores preocupações de gestão se devem centrar na preservação de disponibilidades de água com qualidade para abastecimento humano - água potável.

Recuperar todas as massas de água é desejável, mas a prioridade são as reservas de água estratégicas para o abastecimento à população sem prejuízo para a saúde humana e a preço justo e acessível. Lembra-se que a água é tipicamente um recurso com uma curva oferta procura inelástica, porque essencial, mas é um dever do Estado garantir o abastecimento de água de qualidade a preço justo, que remunere o serviço mas não incorpore ineficiências de prestação de serviço ou distribuição desigual de custos entre diferentes tipos de utilizações.

O projeto TerÁgua (Vale, M.J., 2002; (Vale, M.J., *et al.*, 2024) descreve a criação de uma plataforma colaborativa dedicada à gestão integrada da água passível de ser adaptada a cada realidade territorial concreta.

O projecto propõe um envolvimento responsável, assente na colaboração e na partilha de dados, de qualidade conhecida, integrados com base na localização geográfica. Integra conjuntos de dados da responsabilidade de diferentes entidades, fundamentalmente:

Informação Cartográfica de base e temática, incluindo cadastro da propriedade, da Direção Geral do Território, DGT, integrada no Ministério da Economia e Coesão Territorial, estatísticas socioeconómicas e ambientais, do Instituto Nacional de Estatística - INE, rede de monitorização de recursos hídricos, quantidade e qualidade da água (SNIRH) e sistema de gestão do domínio hídrico (taxas de) da Agência Portuguesa do Ambiente, APA, Informação sobre o clima, estações climatológicas e postos udométricos, do IPMA.

O modelo desenvolvido, é aplicado à bacia própria de Castelo do Bode e integra informação de planeamento e socioeconómica sobre os municípios que têm território na bacia drenante. Integra ainda ferramentas de análise de dados, modelos de decisão, e ferramentas de comunicação e partilha.

Esta plataforma, descrita no seu detalhe inicial em Vale M. J. (2002) e Vale M. J. (2007), tem sido a base da criação de inúmeros protótipos de apoio à gestão integrada da água e do território; constitui um bom exemplo da sua aplicação a detalhada em (Meneses, B., Vale, M.J.; Reis, R. (2018).

Ela consolida uma abordagem de gestão de informação sólida e estruturada, capaz de servir de base à definição de processos de desenvolvimento equilibrados e justos. A metodologia que descreve, o protótipo de demonstração inicialmente criado, e os diferentes protótipos cujo desenvolvimento se consolidou em diversos projetos de investigação aplicada: (eEnvPlus (2018), INDevLand-CAD (2015), Landyn (2014)), permitem perceber os fundamentos da aplicação tecnológica orientada por objectivos de crescimento que conciliem a boa governança e desenvolvimento, integrando os vetores água, território e cultura. No momento presente está a ser migrada para novas plataformas que integram ferramentas de AI, como o Open AI ou o ChapGPT, a atualizar os conjuntos de gestão de dados e os modelos de dados e a interface com o utilizador.

A figura 6, integra uma imagem esquemática da plataforma com exemplos de utilização quer em planeamento e elaboração de instrumentos de gestão territorial, quer em termos da sua implementação, consolidando pretensões de alteração de uso do espaço e de utilização de recursos hídricos, quer ainda de monitorização e acompanhamento de cada realidade espacial.

Este projeto, acolhido pela DGT, constitui um contributo relevante para apoiar os processos de decisão nas políticas públicas, integrando definição de estratégias, planos e programas, com o acompanhamento da evolução da realidade concreta, de forma a perceber e avaliar a sua execução e otimizar o quadro de investimentos e promover a sua eficácia.

A abordagem dinâmica e integrada da gestão da água e do espaço em cada região concreta, num balanço hídrico dinâmico, integrando as necessidades das diferentes atividades presentes ou programadas, é replicável para apoiar a gestão de reservas de água partilhadas por diferentes entidades municipais dentro do mesmo país, como para bacias com águas internacionais partilhadas entre Estados.

Exemplo de gestão: Albufeira do Castelo do Bode -Sub-bacia do Zêzere, Bacia do Tejo

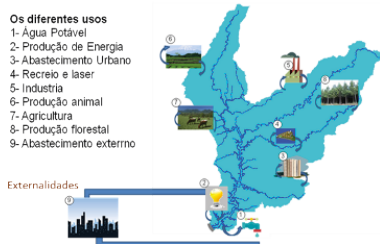


Figura 7. Plataforma TerAgua- A Gestão Integrada da água e do espaço aplicada à bacia própria do Castelo do Bode.

3. Conclusão: A Água, o Território e a Cultura da Ciência e ao serviço do desenvolvimento equilibrado das nações.

A água é fundamental à sobrevivência humana e ao desenvolvimento das nações. Os modelos de gestão da água que o Homem adotou através dos tempos estão intimamente relacionados com o desenvolvimento e com a cultura associada a cada lugar.

A sustentabilidade de gestão deste recurso está em estreita relação com a evolução dos usos e respetivos consumos associados a cada lugar. A distribuição da população e a sua movimentação no espaço ditam as necessidades de abastecimento e a expansão de serviços ligados à distribuição de água bruta de qualidade adequada ao abastecimento e à promoção da saúde humana. Exploram-se, por isso, o cumprimento dos Objectivos de desenvolvimento sustentável, em particular o ODS 6, nesta dupla perspectiva de abastecimento e preservação de recurso (água bruta de qualidade conhecida e adequada ao abastecimento).

Percebe-se que se houve evolução positiva em matéria de acesso aos serviços de água em grande parte dos países do mundo, e que Portugal, conta hoje com serviços de abastecimento de água à quase totalidade da população, a preservação de reservas de água bruta nem sempre evoluiu favoravelmente, e é também na realidade portuguesa matéria de preocupação, tal como o esforço de sustentabilidade de gestão e sua integração com o uso do solo. A necessidade de recuperação está associada à qualidade, ainda que em regiões como o Algarve, a quantidade de recurso disponível atinja níveis que merecem preocupação e tenha também de ser acautelada.

Percebe-se que o stress hídrico está intimamente relacionado com o uso e afetação do espaço às diferentes utilizações. É fundamental consolidar planos e programas de gestão territorial, em íntima relação com as disponibilidades hídricas de cada lugar, por forma a não consolidar modelos de desenvolvimento que vão para além da taxa de renovação dos recursos hídricos existentes.

Porque em ciência se procuram abordagens positivas e proativas de apoio à solução dos problemas, os dois exemplos referidos representam como gerir de forma integrada a água e o espaço, garantindo crescimento e uma justa distribuição de custos e benefícios. No primeiro exemplo mostra-se como a integração da gestão da água com a gestão ativa da paisagem, consubstanciando um sistema cultural adaptado às características biofísicas e, como tal, com potencial para ser remunerado pela prestação de serviços de ecossistemas.

Em síntese preconiza-se uma inovadora cultura de gestão da água, ligada a realidade de cada território, evidenciando a urgência de integrar a gestão e os modelos de desenvolvimento territorial na estratégia de planeamento e de gestão sustentável dos recursos hídricos. Cada participação responsável nos múltiplos níveis de intervenção, de governo, empresarial, ou como cidadão, é fundamental para contribuir para o crescimento das nações, partindo do exemplo da gestão equilibrada da água, na gestão de um mundo mais justo e de paz.

Bibliografia:

1. Carta Europeia da Água, Conselho da Europa, Estrasburgo, em 6 de Maio de 1968.
2. Regime jurídico da reconversão da paisagem. Decreto-Lei n.º 28-A/2020 de 26 de junho.
3. Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G. (2024). "The SDGs and the UN Summit of the Future". Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. doi:10.25546/108572.
4. Lafortune, Guillaume and Grayson Fuller (2025). "Europe Sustainable Development Report 2025: SDG Priorities for the New EU Leadership." Paris: SDSN and Dublin: Dublin University Press.
5. EEA, "Seasonal water scarcity conditions for European sub units for the four quarters of 2022, as measured by water exploitation index plus (WEI+)" . EEA, 17 Jan 2025.
6. Decisão 95/308/CE- Convenção de Helsínquia: prevenção da poluição nos cursos de água e lagos internacionais, Convenção relativa à proteção e utilização dos cursos de água transfronteiras e dos lagos internacionais.
7. Vale, M.J. (2002) "Plataforma Colaborativa de suporte à Gestão integrada da água e do Espaço", ISEGI, UNL.
8. Vale, M.J. Projecto TerAgua - Plataforma colaborativa de suporte à gestão integrada da água e do espaço", (2024), Projetos, investigação, DGT: url: <https://www.dgterritorio.gov.pt/investigacao/projetos/TER-AGUA>.
9. Vale, M.J., Reis, R. " Indicadores de Cadastro- "Proposta para um conjunto de indicadores de cadastro a integrar no Observatório do ordenamento do território e urbanismo", versão 2.0, Gabinete de apoio à Direcção, DGT, março de 2019.
10. Vale, M. J.; Reis, R. Meneses, B. e Saraiva, R.. "eENVplus - eEnvironmental services for advanced applications within INSPIRE", DGT, 2018. <https://www.dgterritorio.gov.pt/investigacao/projetos/eENVplus>.
11. Vale, M. J.; Reis, R., (2015). "INDevLand-CAD - Indicadores dinâmicos de base territorial como suporte ao desenvolvimento sustentável". DGT, 2022.
12. Vale, M.J. Reis, R., Patrício, P., Meneses, B., Saraiva, R., Ribeiro, M., Igreja, C. Painho, Oliveira, T.M. Condessa B. Landyn. "Uso e ocupação do solo em Portugal Continental: Avaliação e cenários futuros". DGT, 2014.
13. COM(2025) 2 final. "Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu sobre a execução da Diretiva-Quadro da Água (2000/60/CE) e da Diretiva Inundações (2007/60/CE)". Bruxelas, fevereiro de 2025.
14. United Nations Economic Commission for Europe- UNECE. (2023) "About the Water Convention", UNECE, Environmental Policy, Water, September 21, 2023. <https://unece.org/environment-policy/water/about-the-convention/introduction>

CAPÍTULO 8

RIOS



RIOS QUE TEMOS, RIOS QUE QUEREMOS

Reflexões sobre os rios Portugueses, o papel da Ciência e da participação das comunidades

Rui M. L. Ferreira¹, André Batoréu², João Nuno Fernandes³, Ana Margarida Bento⁴,
Ana Margarida Ricardo⁵

¹ IST—Universidade de Lisboa; Comissão Especializada em Rios, APRH

² Consultor em Engenharia; Comissão Especializada em Rios, APRH

³ LNEC; Comissão Especializada em Rios, APRH

⁴ FEUP; Comissão Especializada em Rios, APRH

⁵ CERIS, IST-ID; Comissão Especializada em Rios, APRH

Resumo

Apesar dos avanços legais, técnicos e institucionais na gestão dos recursos hídricos em Portugal e na Europa, subsistem limitações profundas que não podem ser resolvidas através de melhorias incrementais de monitorização, planeamento e governança. Partindo de um enquadramento que integra os objectivos globais de sustentabilidade, o regime jurídico da água na União Europeia e o papel da participação pública, identificamos uma fragilidade: enquanto a política hídrica evoluiu de forma consistente, grande parte dos rios, sobretudo em bacias periurbanas, permanece ecologicamente empobrecida e invisível para as suas comunidades próximas. Este facto expressa um afastamento material e simbólico entre comunidades humanas e sistemas fluviais. Temos como objectivo é reavaliar esta desconexão, interrogando não só os limites das respostas convencionais — técnica, legal e administrativa — mas também a ontologia implícita na própria formulação do problema. Procedemos a uma revisão crítica da evolução das relações Humanidade-rios, desde paradigmas relacionais pré-modernos até às formas contemporâneas de excepcionalismo humano, mostrando como estas moldaram práticas de gestão, estruturas de participação e regimes de produção de significado. Constatamos que a gestão fluvial actual permanece ancorada numa ontologia sujeito—objecto que limita a eficácia da participação e da governança. Admitindo que a perda de proximidade física aos rios contribui para a sua desvalorização simbólica e para a reprodução de modelos extractivos, consideramos que a superação deste bloqueio exige a construção de uma nova categoria de sujeito — o rio como sujeito e não objecto de intervenções - que integre simultaneamente comunidades humanas e entidades materiais não humanas. Conclui-se que tal modo de reconexão pode abrir caminho a práticas de governança mais inclusivas, a uma renovação simbólica da relação Humanidade-rio e a políticas de sustentabilidade mais eficazes, idealmente inscritas numa Estratégia Nacional para os Rios.

Palavras-chave: rios; hidromorfologia; participação pública; ciência cidadã; direitos da natureza; governança ambiental.

1. Introdução

Temos os rios que queremos?

A pergunta é retórica e conduz, geralmente, a uma reflexão sobre os obstáculos práticos a uma gestão sustentável¹ dos recursos hídricos. Nesse caso, é sublinhado que existem objectivos de sustentabilidade globais (Sustainable Development Goals, Unesco²) que podem enquadrar o pensamento político e a legislação (local, nacional). É argumentado que existe, na União Europeia, um enquadramento legal claro quanto à qualidade das águas superficiais, incluindo os rios, e quanto à segurança a eventos hidrológicos extremos. Existem ainda levantamentos das necessidades e disponibilidades hídricas para atender às necessidades das comunidades humanas e também enquadramento da protecção do ambiente, nomeadamente dos condicionantes ecológicos. Finalmente, é lembrado que existe legislação que consagra o direito à participação por parte das comunidades sobre matérias de gestão fluvial e recursos hídricos.

A resposta convencional a esta pergunta é, portanto, que não, não temos os rios que queremos mas estaremos no caminho correcto para os ter se aprofundarmos as ferramentas de monitorização e inventariação dos recursos hídricos, das disponibilidades e das demandas; se aperfeiçoarmos os mecanismos de protecção do ambiente; se fizermos um levantamento a nível local dos problemas e nos capacitarmos para os resolver; se, em particular, nos dotarmos de conhecimento aprofundado sobre o funcionamento dos rios; se nos dotarmos de paradigmas de governança que agilizem a resposta a problemas locais e regionais a partir de conceitos nacionais ou mesmo globais e que, com isso, corrijam assimetrias; se nos dotarmos de legislação que incentiva as boas práticas e penaliza as infracções; se fomentarmos a participação de todos os actores envolvidos; e, questão não menor, se procurarmos e encontramos fontes de financiamento que permitam sustentar as estruturas de governança e a sua capacidade de intervenção.

Em Portugal, esta resposta convencional é, em grande medida, satisfatória. É verdade que o aumento do armazenamento em albufeiras tem permitido a que a demanda de água seja satisfeita para abastecimento humano³ e também, na maior parte das bacias hidrográficas⁴, para a agricultura, em particular o regadio (Duarte, 2017). É também verdade que o nexo-água energia nos tem ajudado a reduzir a dependência dos combustíveis fósseis⁵. E é ainda verdade que a vontade de articular harmoniosamente o ambiente e a os usos extractivos é real, inscrito na lei e sem opositores de princípio.

1 Existem várias definições de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável que, sem divergir claramente do tronco comum originado no relatório Brundtland (UNWCED, 1987), colocam diferente ênfase em aspectos ambientais, socio-económicos ou culturais e políticos. A definição mais elementar e geral, expressa pelo ponto 27 do relatório Brundtland, é suficiente para os propósitos deste texto: "Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs."

2 <https://sdgs.un.org/goals>

3 Ver Agência Portuguesa do Ambiente, <https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1gua-para-consumo-humano>

4 Subsiste a escassez de água nas bacias do Sado e do Mira e, em menor grau nas do Algarve, ver <https://rea.apambiente.pt/content/escassez-de-%C3%A1gua>

5 <https://www.aprh.pt/images/stories/pdf/ana-cristina-nunes.pdf>

Em contraponto, é também inegável que é grande a quantidade de rios que se tornaram invisíveis para as comunidades humanas e que são essencialmente irrelevantes em termos ecológicos. Em geral, não são invisíveis para as entidades da governança da água; são, pelo contrário, conhecidos por serem problemáticos e identificados com os termos que na legislação apontam para os casos problemáticos, para os quais há baixas expectativas ecológicas – as massas de água fortemente modificadas ou artificiais⁶. São frequentemente rios que formam bacias periurbanas, o que, sendo um descritivo adequado, falha a génese – muitas bacias hidrográficas são periurbanas porque resultam do crescimento urbano desregrado, resultado de sucessivas migrações de população para as periferias das cidades como resposta a transformações superestruturais, económicas e sociais (redução do peso do sector primário, terciarização da economia). O resultado, evidentemente não só em Portugal, são cursos de água como os ilustrados na Figura 1, confinados ao que o tecido urbano permite ou simplesmente canalizados, desconectados das populações que lhe estão próximas e, em geral, com potencial ecológico baixo (Alves *et al.* 2012).

A ausência de conexão entre populações e os rios que lhes estão próximos tem efeitos adversos e custos de oportunidade que se estendem para lá da realidade local. Um rio com um bom funcionamento hidromorfológico, biológico e ecológico, mesmo em áreas bastante povoadas, é um exemplo vivo da possibilidade de coexistência entre necessidades humanas e não humanas. Um rio confinado, que não permite a experiência humana directa, é visto, antes de mais, como uma fonte de problemas. E torna-se uma instância de confirmação de que as necessidades humanas são fundamentalmente distintas das do resto do mundo material – que a Natureza é distinta da humanidade e que a protecção desta terá lugar, sim, mas longe das comunidades humanas e apenas se não entrar em conflito com as necessidades humanas. Este é, a nosso ver, um obstáculo maior no caminho para se atingirem os objectivos de sustentabilidade.

De novo, “temos os rios que queremos?”. Argumentamos neste texto que é necessário abordar alguns aspectos particulares da resposta convencional a essa pergunta, nomeadamente quanto ao papel da ciência, quanto ao papel da participação cidadã, e quanto à estrutura de governança e quadro legislativo que a suporta.

E, mais importante, julgamos que importa reflectir sobre a própria questão e sobre a ordem ontológica que parece expressar. A questão é problemática desde logo pelo verbo “ter”. “Temos os rios...”, como temos um automóvel novo ou uma pintura a óleo de uma mestre do sec. XVI? Ou “temos” como temos um vizinho, um amigo, ou um familiar? Ou uma filha ou um filho? Cada uma destas opções semânticas pressupõe diferentes ontologias, diferentes formas como humanos se relacionam com o resto do mundo material. Por exemplo, a mundividência Maori inclui laços genealógicos entre entes materiais, como rios ou florestas, e as comunidades humanas, como garante de continuidade inter-geracional (humana) e sem que os humanos prescindam de extrair sustento desses entes materiais (Tomas, 2011).

6 Agência Portuguesa do Ambiente (2022) Critérios de Identificação e Designação de Massas de Água Fortemente Modificadas ou Artificiais. https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DRH/PlaneamentoOrdenamento/PGRH/2022-2027/



Figura 1. Rios em bacias peri-urbanas, fortemente modificados, com perda de conectividade lateral e vertical e reduzido potencial ecológico; exemplos em Washington, Estados Unidos da América (esquerda), e Portugal, região de Lisboa (centro e direita).

Na Secção 2 deste texto revemos os argumentos que defendem que a proposta ontológica que coloca a humanidade num contínuo de relações com as restantes entidades não humanas do mundo material já foi dominante (Levi Strauss, 1969; Viveiros de Castro 2013). Nesse paradigma, ter-se-ão gerado laços fortes e simbolizações ricas, por vezes contraditórias ou ambíguas, que regulavam, exemplificavam, incentivavam ou proibiam formas de articulação entre humanos e entes não-humanos, incluindo processos extractivos e transformativos para garantir a subsistência humana.

No entanto, como se argumenta na Secção 3, muitas comunidades/sociedades experimentaram ou experimentam diferentes formas de excepionalismo humano – a doutrina que afirma que a humanidade é fundamentalmente diferente das restantes entidades do mundo material. “Natureza” é, neste sentido, uma criação humana que, em muitas linguagens, afirma a diferença entre o que não é gerado por acção humana (natural) e o que é gerado ou influenciado por humanos. Não há valor moral nesta constatação. Todavia, como se argumenta, na Secção 3, o excepionalismo humano tende a considerar a natureza como um recurso que importa preservar apenas na medida em que garante a continuidade da agência humana e que há que combater quando se percebe como um obstáculo a essa agência. São muitos os registos desta narrativa ao longo dos últimos 4000 anos, a começar, talvez pela Epopeia de Gilgamesh, nomeadamente o episódio da destruição da Floresta dos Cedros, mas ter-se-á acentuado com a generalização da revolução industrial, e subsequentes alterações no nexa entre trabalho e meios, e escala, de produção, e da mercantilização como modelo de relação entre comunidades humanas.

Assim, a proposta ontológica que se tornou dominante, pelo menos no ocidente após a industrialização, era compatível com um excepionalismo humano que permitia práticas hegemónicas de dominação e subjugação da natureza. Nesse

período, como argumentamos na Secção 3, o desfasamento entre relações e modos de produção materiais acarretou o colapso da produção de significado e de simbolização das entidades materiais não-humanas. A natureza foi então idealizada e cristalizada em símbolos e rituais que nada tinham que ver com o quotidiano das comunidades humanas. As contradições deste modelo de desenvolvimento foram notadas em movimentos artísticos/filosóficos como o Romantismo (no ocidente) e não deixaram de ser denunciadas por muitas sociedades pré-industriais que foram entrando em contacto (geralmente violento) com o Ocidente industrializado (Löwy e Sayre, 2002). Na passagem para esta fase, que podemos chamar de controlo, o deslumbramento e respeito por entidades e processos (chamemos-lhes) naturais, foi substituído pelo deslumbramento pelas capacidades tecnológicas humanas que permitiam uma economia extractiva sem precedentes.

A passagem à fase que podemos chamar de mediação ambiental dá-se quando se torna evidente que o modelo extractivo, económico e, sobretudo, simbólico, não é auto-regulável. O papel da ciência é fundamental para esta tomada de consciência, nas sociedades industrializadas. É esta a fase em que nos encontramos, em que se procura corrigir com legislação (adequada, sem dúvida) o défice simbólico entre a humanidade e as demais entidades do mundo material. E é nesta fase que diversos actores sociais e decisores constatarem e propõem que é necessário acelerar a acção da legislação com praxis e simbólica consentâneas com ontologias que rejeitam o papel hegemónico da humanidade.

E, assim, para formular a pergunta “temos os rios que queremos?” haverá que inspecionar o verbo “querer”. Quem quer? O sujeito que quer é o mesmo sujeito que terá? Esse sujeito engloba toda a comunidade humana? Ou só parte dela? E os entes materiais não humanos? Colocam-se aqui as questões relacionadas com a participação e a transparência de processos, antes de mais na produção de legislação ambiental e na aplicação da mesma. Em Portugal é notório o esforço para incentivar processos de participação, codificados aliás na Lei da Água. Mas também parece evidente que o modelo de participação é demasiado rígido e ineficaz (Delicado, 2018⁷, Delicado e Rowland, 2024) e que parece estar esgotado, o que tem conduzido não a uma generalização da participação pública mas apenas à mobilização de grupos de interesses. É sintomático que na “Estratégia nacional para a gestão da água”, documento “Água que nos une”⁸ elaborado pelo XXIV Governo Constitucional entre 2024 e 2025, o termo “participação” aparece apenas 3 vezes, uma das quais num título e sem ter qualquer iniciativa específica associada.

Sendo necessários mecanismos de sensibilização e participação mais eficazes, aproximando as comunidades humanas do seu ambiente (ou, pelo menos, dos rios), propomos, por fim, neste texto, que talvez a pergunta “temos os rios que queremos?” seja um exemplo de obstáculo à formulação de uma nova ordem simbólica, pela qual se opere uma reconexão efectiva entre as comunidades humanas e o seu ambiente. A pergunta pressupõe um sujeito, presumivelmente humano, e um objecto — o rio. O exercício de conceito que fazemos é ultrapassar a dicotomia sujeito/objecto mediante a criação de uma categoria de sujeito que engloba comunidades ribeirinhas (humanas) e entidades materiais não humanas. Nesse caso, a própria pergunta deixaria de fazer sentido uma vez que o sujeito “quer” ser é directamente determinado pelo que pode ser, formulado na interacção, nos processos participativos, entre as partes que o compõem.

7 Ana Delicado, A falácia da participação em matéria ambiental (2018). <https://www.barometro.com.pt/2018/08/20/a-falacia-da-participacao-em-materia-ambiental/> (Consultado em Abri de 2025)

8 <https://portaldaaqua.pt/2025/03/12/agua-que-une-estrategia-nacional-para-a-gestao-da-agua/> (consultado em Abril de 2025).

O que sugerimos, no fundo, é o aprofundar uma relação entre as comunidades e os rios, quando estes lhes são vizinhos, suscitando novos tipos de conexão e desenvolvimento simbólico, a inscrever na linguagem. Essa proximidade tem que ser articulada na práxis de interação dos vários componentes do sujeito para que possa ser convertida em acção política com influência na governança dos rios. As condições de possibilidade da formação deste sujeito, as consequências ontológicas e a forma de a inscrever na legislação são discutidas na Secção 4. O texto é encerrado por um sumário dos principais argumentos e propostas.

2. A formação da simbólica dos rios

Onde as águas dos rios são necessárias para suprir necessidades materiais humanas, sejam elas o consumo directo, irrigação ou navegação, mas, simultaneamente, indutoras de situações de perigo, seja pela ocorrência de cheias ou poluição, é expectável que a simbólica da água seja ambígua ou mesmo contraditória (Turner, 1969).

Mesmo sem suprir directamente necessidades materiais de comunidades sedentárias, o rio como caminho tem uma simbólica rica. Thoreau, viajando rio acima no Merrimack, escreveu que “os rios devem ter sido os guias que conduziram os passos dos primeiros viajantes”⁹. O deslocamento pode ser literal, mas também pode constituir uma metáfora de uma viagem interior ou de um percurso rumo à iluminação espiritual. Na peregrinação ao rio Narmada, ambos os sentidos coexistem; os peregrinos caminhavam rio acima até à nascente e, na margem oposta, regressavam em sentido descendente até à foz. Nesse processo, poderiam alcançar esclarecimento e purificação (Sharma, 2012).

São muitas as comunidades humanas que recorreram a mitos de transformação, atribuindo a certos rios as propriedades benignas da água pura, sublimadas como agentes de purificação e regeneração – o rio que lava e purifica (kathairein, Burkert, 1992), física e metaforicamente, como nos casos dos rios Jordão e Ganges (Figura 2).

Porém, as águas fluviais podem igualmente actuar como veículo de corrupção e mesmo de envenenamento, como é caso das águas da nascente do rio Estige, o rio de Hades, descritas por Pausânias, o geógrafo, como envenenadas pela própria divindade (Graves, 1960) (Figura 3).

9 Thoreau, H. D. (1854). *Walden, ou A vida nos bosques*. Edição de 2020, EDIPRO



Figura 2. Rios Jordão (esquerda) e Ganges (direita). O rio Jordão é destino de peregrinação e batismo, para comunidades cristãs. O rio Ganges é peregrinado por hindus desde tempos védicos procurando a purificação de pecados e elevação espiritual.

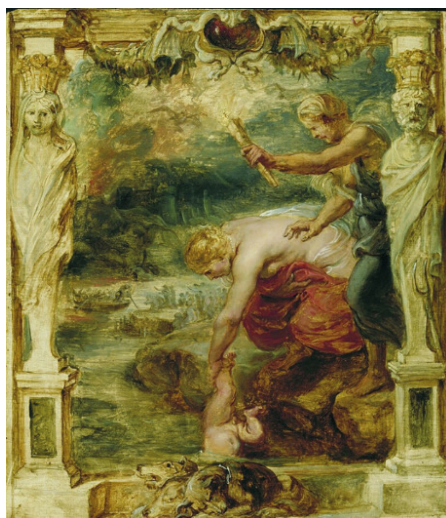


Figura 3. O rio Estige – o rio de Hades e Perséfone –, cujas águas poderiam causar a morte ou conceder invulnerabilidade, dependendo de quem e como se usavam. Esquerda: Tétis mergulhando Aquiles nas águas do rio, tornando-o invulnerável (excepto o proverbial calcanhar). Esboço por Peter Paul Rubens ca. 1630-1635, óleo em madeira de carvalho. Direita: Hades (Plutão na tradição romana) e Perséfone, com o cão Cérebro a seus pés, dos quais emanam as águas envenenadas do rio Estige. De "Les Echecs amoureux", um manuscrito do sec. XV Feito para Luísa de Sabóia, mãe do rei Francisco I de França.

Se rios diferentes podem assumir papéis simbólicos diferentes, há também casos em que o mesmo rio pode apresentar uma simbólica contraditória ou mais complexa. O mito de Tétis e Aquiles (Figura 3), afirma a ambivalência radical das águas do Estige: mortíferas mas dotadas do poder absoluto de gerar seres excepcionais (Aquiles, no caso), quase invulneráveis. Mais que simplesmente tóxico ou benigno, o rio é agente de transformação ontológica (Kerenyi, 1951) disponível apenas para humanos iniciados nos seus segredos. Não é difícil transpor esta metáfora para os dias de hoje.

Os rios são também símbolos de fertilidade, frequentemente associada a temas femininos mas também masculinos (Bachelard, 1942, Eliade, 1958). Anquet, deusa do Nilo no Antigo Império, era simultaneamente “a que abraça” e “a que nutre” os campos, atributos que evocam a sedimentação de solos férteis durante a cheia anual do Nilo (Figura 4). Mas também Escamandro (Xanthos), tornado rio após a derrota da Troia Homérica, é símbolo de fertilidade masculina e virilidade, pai de ninfas e adversário precisamente de Aquiles.



Figura 4.: Esquerda: representação da Deusa Anquet num esquife sobre as águas do Nilo (adaptado do livro *Pantheon Egyptien* de Leon Jean Joseph Dubois, 1824). Direita: Cheia de 2016 no Rio Nilo em Al Ayyat.

A vida que os rios alimentam pode ser retirada subitamente, como é ilustrado pelas narrativas sobre Gonggong (Shanhaijing, Clássico das Montanhas e dos Mares, período anterior à dinastia Han — Lewis, 2016), entidade mitológica chinesa tradicionalmente associada à água, rios, tempestades, cheias. Representa, portanto, o poder criador e modelador dos rios, imbuídos por forças naturais imparáveis, simultaneamente necessários e perigosos (Figura 5).

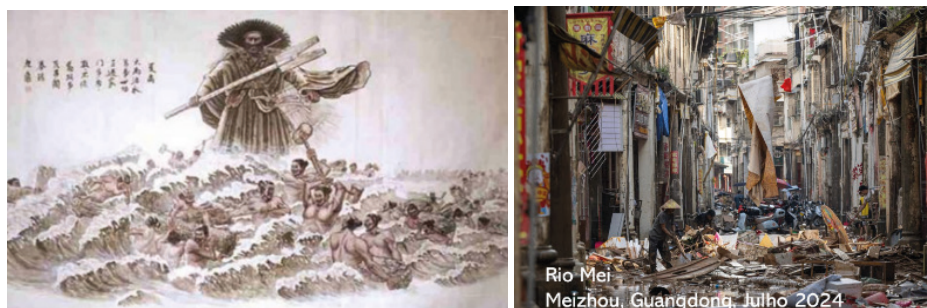


Figura 5. Esquerda: representação da entidade mítica Gonggong. Direita: Cheia de 2024 no Rio Mei em Meizhou, Guangdong.

Mas não são apenas as cheias torrenciais que trazem a morte. Também as águas paradas, que acarretam excesso de sedimentação, associadas à morte dos cursos de água, são utilizadas como metáfora da morte e do sofrimento. Na *Divina Comédia* de Dante, as almas dos possuídos pela ira e pela insolência são castigadas nos terrenos pantanosos ao longo do Estige.

Os rios podem também constituir obstáculos no percurso. A sua travessia pode representar um rito de passagem, como exemplifica a travessia de Siddhartha em direcção ao mundo dos sentidos (Hermann Hesse). Contudo, a travessia pode igualmente simbolizar o início de uma cadeia inevitável de acontecimentos; pode representar uma fronteira para além da qual o livre-arbítrio pouco significa, como é paradigmático no uso alegórico contemporâneo da travessia do Rubicão por César, no caminho para Roma e de uma guerra civil.

Os rios funcionam, portanto, como símbolos complexos e plurais, inseridos em contextos religiosos ou políticos mas também com funções de normativa social, apoiada em tabus hídricos, interdições de acesso, rituais e normas de uso (Bachelard, 1942; Bachelard, 1964; Ingold, 2000;), e proposta de gestão do risco (Strang, 2004; Witzel, 2015).

Há evidência de que a formação da simbólica complexa da água, em geral, e dos rios, em particular, se iniciou antes mesmo da transição agrária. Em sociedades não agrárias, como as descritas por Turner (1969) ou Whitley (2024), com economias relativamente simples, as contradições entre o desenvolvimento material, socio-económico, e as questões morais e identitárias são resolvidas precisamente na esfera simbólica. Os processos pelos quais as múltiplas, e frequentemente contraditórias, utilizações alegóricas e simbólicas dos rios foram inscritas nas línguas parecem ter em comum dois aspectos.

O primeiro tem que ver com os modos de produção, condicionados pelas limitações tecnológicas que obrigavam uma proximidade física entre os seres humanos e rios dos quais retiravam sustento (Ingold, 1995). Os significados em conflito reflectem assim as tensões emergentes à medida que as sociedades evoluem em articulação com a sua base económica, alimentada pelo rio. Se os rios sempre sustentaram a vida humana, fornecendo água para usos variados, o sucesso dessas comunidades resultou frequentemente em pressões demográficas que inutilizaram fontes de água, trouxeram más práticas agrícolas e, no limite, transformaram as linhas de água em veículos de transmissão epidémica.

O segundo aspecto tem que ver com a proposta ontológica dominante, que rejeitaria o excepionalismo humano. Em grande medida, e em especial nas sociedades pré-agrárias (mas não só), a humanidade não se via como fundamentalmente distinta das restantes entidades não humanas do mundo material (Levi Strauss, 1969; Viveiros de Castro 2002, Viveiros de Castro 2013). Estabeleciam-se relações complexas entre comunidades humanas e entes naturais (rios, montanhas, florestas), expressas por mitos e codificadas em rituais, que podiam ou não evoluir para cosmogonias de índole religiosa (Scott, 2017). Nestas relações, incluíam-se os processos extractivos e transformativos que garantiam a subsistência humana.

A rejeição implícita de um carácter excepcional da humanidade terá sido a norma durante a maior parte do período em que o *homo sapiens* caminha na Terra (Ingold, 2002, Descola, 2006). No entanto, é inegável que, num período mais recente, pelo menos desde a transição agrária, o excepionalismo humano se tornou uma proposta dominante em muitas sociedades humanas. Os seres humanos vêm-se como ontologicamente distintos do resto do mundo material. Não só funcionalmente distintos de outras espécies ou entes, mas colocados num plano existencial diferente, geralmente superior, sujeitos a regras morais específicas que, em termos práticos, eliminam algumas das restrições e tabus característicos de ontologias não-excepcionistas. As consequências desta transição são discutidas na secção seguinte.

3. Da fase de controlo à fase de mediação ambiental

3.1. O corte simbólico

Colocamos como hipótese de trabalho que as condições de possibilidade de enriquecimento da esfera simbólica foram desaparecendo à medida que as relações e os modos de produção evoluíam. As tarefas que requeriam proximidade directa ao rio, por uma parte apreciável da comunidade, foram deixando de ser necessárias mediante alterações na estrutura das sociedades (Brenner, 1976) e avanços que essas alterações suscitam, nomeadamente quanto à retenção de águas, irrigação, pesca, etc. (Ingold, 2002). Esse processo terá sido lento, mas inexorável em muitas comunidades humanas, culminando na modernidade técnica, pós-Revolução Científica e Industrial (Mumford, 1934, Latour, 1993; Scott, 1998). Não nos é possível, neste texto, discorrer sobre a evolução das instituições e aparatos político-sociais que foram surgindo como necessárias para gerir e enquadrar os avanços nos modos de produção. São estes aparatos e instituições que, segundo Illich (1985), foram reduzindo a água, em geral, outrora enraizada em significados simbólicos e rituais, à substância H₂O — um recurso mensurável e comercializável. Illich (1985) não se debruça sobre as causas ou a necessidade (e utilidade) deste aparato político-social-institucional mas relata as consequências. O aparato higienista, no qual enquadra a canalização de rios, incorre numa redução sensorial, na impossibilidade de inscrever experiências directas do rio (positivas ou negativas). A redução da água ao seu valor físico-químico é, portanto, comensurável com a perda de possibilidade de inscrever na ordem simbólica práticas materiais e comunitárias da relação com os rios. O “esquecimento”, o afastamento material e simbólico entre a humanidade e a água, segundo Illich (1985), torna-se uma realidade semântica e é, finalmente, codificado na linguagem, com impactes institucionais e civilizacionais. Conduz a formas de alienação que culminam e justificam na versão mais extrema do excepionalismo humano — esquecida a “paridade” entre humanos e as outras entidades do mundo material, abre-se a possibilidade de uma proposta da diferença fundamental, ontológica, entre a humanidade e o restante mundo material: a humanidade como hegemónica e auto-autorizada a dominar as restantes entidades do mundo material.

A Epopeia de Gilgamesh, escrita entre cerca de 2000 a 1200 aec será um dos primeiros textos alinhados com a proposta de excepionalismo humano. A destruição da floresta dos Cedros é um acto violento que inaugura um antagonismo novo — a humanidade contra a natureza (neste caso uma divindade que encarna o mundo material não humano). Novo, porque o substantivo “natureza” não existia na maior dos idiomas de sociedades animistas pré-agrárias (Ellen e Fukui, 1996, Ellen, 2021), tal como não existe em muitos idiomas actuais (Reed *et al.* 2024).

A Natureza, como substantivo que define um conceito e determina espaços e possibilidade de relação entre o humano e o não-humano, aparece provavelmente na Grécia pós-Homérica pela evolução do significado de “*phýsis*”, termo que denota o conjunto de entes que surgem por moto próprio, como oposição àqueles que surgem pela lei, engenho ou arte humanas (Macé, 2013)¹⁰. Nesse certo sentido, Natureza é uma invenção humana que, na linguagem, opera a distinção entre o que não é e o que é determinado por humanos. Desta clivagem não resulta necessariamente uma proposta de domínio da humanidade sobre o resto do mundo material — o excepionalismo humano não é exclusivamente hegemónico, pode simplesmente implicar capacidades únicas, como o domínio da razão (e.g. logos em Heraclito, Khan, 1979), ou uma responsabilidade acrescida (Haraway, 2008).

10 O substantivo feminino Natureza surge na língua portuguesa a partir do Latim “natura”, o qual termo traduz o grego *φύσις* - “*phýsis*”.

Portanto, se a invenção da Natureza está associada a um processo de distanciamento entre a humanidade e o restante mundo material, o corte simbólico concretiza-se apenas pelo esquecimento como definindo por Illich (1985), o resultado da acção de sistemas que impedem a apreensão do rio pelos sentidos a não ser em circunstâncias esterilizadas, encenadas ou mediadas pela tecnologia. Criam-se então as condições para que o rio seja reduzido a um recurso. No plano semântico, é tecnologia que concretiza a extracção dos recursos (água, inertes) que é valorizada, tomada, por exemplo, como pólo identitário de futuros ou já formados estados-nação. É o caso da “rectificação” do Rio Reno para os partidários de uma futura nação Alemã (Blackbourn, 2006) ou da barragem de Hoover nos Estados Unidos (Hirt, 2012).

3.2 A fase de controlo

Saraiva (1999) utiliza o termo “fase de controlo” para descrever este período em que é a tecnologia que ocupa o lugar simbólico que já foi da água e em que os rios são vistos como recursos, transformados pela tecnologia para usos de navegabilidade, rega, abastecimento, produção de energia, produção industrial ou drenagem urbana (ver, e.g. Wittfogel, 1957; Worster, 1985; Swyngedouw, 1999, entre muitos outros exemplos).

Sublinhe-se que a intenção de controlo precede, como já dissemos, a capacidade de o fazer (Brenner, 1976). No caso do Reno, a intenção de o controlar está documentada desde o final da República Romana. Paullinus Pompeius, ao terminar a obra de confinamento do baixo Reno a margens fixas, por diques, cerca de 40 ec descreve essa intervenção como *coercendo Rheno absolvit*, o que leva Cioc (2002) a identificar o Reno como o rio europeu há mais tempo vítima de *bullying*. Mas essas barreiras não foram de longa duração. As intervenções realmente marcantes ocorreram entre 1817 e 1876, no trecho do alto Reno compreendido entre Basileia e Karlsruhe. As intervenções de “rectificação”, planeadas pelo Oberdirektion des Wasser und Straßenbaues do Grã-ducado de Baden sob a supervisão do engenheiro Gottfried Tulla (até 1828), modificaram radicalmente o traçado do rio, cortando meandros, secando braços, e encurtando a sua extensão de 355 para 275 km (Figura 6). O rio descrito por Hölderlin com linguagem poética exaltando as suas características “naturais” era, um século depois, descrito por Heidegger como algo monstruoso, aludindo à escala dos aproveitamentos hidroeléctricos entretanto construídos (Baake e Kempf 2011). A intervenção permitiu um desenvolvimento industrial acelerado da região e contribuiu para que a economia da Alemanha fosse a mais robusta da Europa em 1900. Os impactes ambientais foram, todavia, elevadíssimos. A perda de diversidade morfológica – o rio anastomosado deu lugar a uma sucessão de trechos rectos (Figura 6) e o aumento generalizado da velocidade contribuíram para que se perdessem habitats de espécies de peixes, invertebrados e aves. Este trecho é, hoje em dia, objecto de várias iniciativas de renaturalização (ICPR¹¹).

11 <https://www.iks.org/en/icpr/rhine-2040>

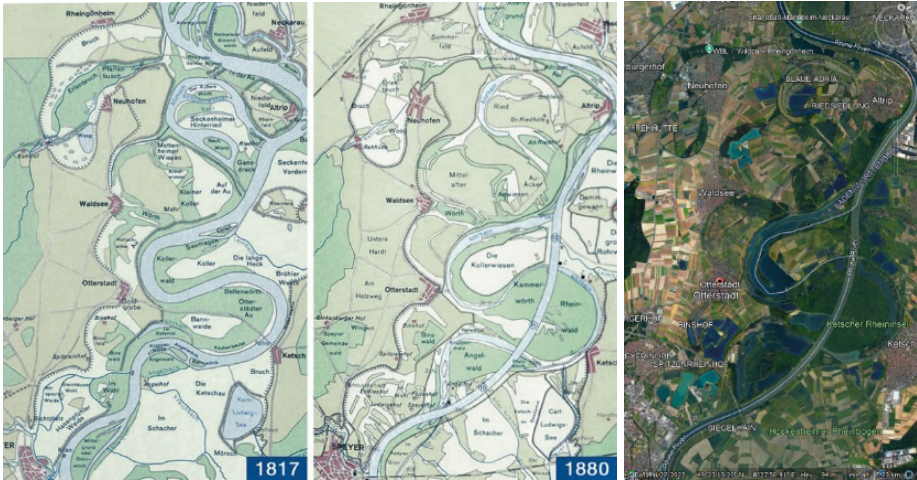


Figura 6. Mapas do Reno entre Speyer and Altrip, antes (esquerda) e depois (centro) da "linearização", adaptada de Musall, 1969). A imagem da direita é uma fotografia de satélite actual (2022), adaptada da Google Earth.

Esta é a matriz que se use convencionalmente, no presente, para interpretar as intervenções durante a fase de controlo, especialmente em grandes rios – os ganhos para a economia, ordenamento do território e segurança sobrepunham-se ao valor que o ambiente pudesse representar. Talvez o exemplo mais significativo seja o caso do rio Mississippi que, ao longo do final do século XIX e durante o século XX, sofreu uma das maiores intervenções de engenharia alguma vez aplicadas a um sistema fluvial. Entre a década de 1870 e meados do século XX, o U.S. Army Corps of Engineers implementou um programa integrado de construção de diques, cortes de meandros, revestimentos de margens e dragagens, formalmente consolidado após o Flood Control Act de 1928 (Barry 1997; Smith e Winkley 1996). Ultrapassado um período inicial em que as intervenções se restringiram à construção de diques apenas ("*dikes only*", ver Pearcy, 1996), os principais cortes de meandros executados entre 1932 e 1942 encurtaram o rio em mais de 240 km, estabilizando o traçado em planta e interrompendo o seu padrão de evolução. Este havia inclusivamente sido extensamente documentado pelo levantamento geomorfológico de Fisk (1944) (Figura 7), trabalho com evidente valor estético e indicativo da riqueza morfológica do rio. Para os decisores, todavia, tratou-se apenas de um elemento mais, útil para decidir qual o traçado mais eficaz compatível com a navegação industrial e a defesa das terras agrícolas contra cheias. Em termos económicos, estas intervenções sustentaram o crescimento dos fluxos de mercadorias no Baixo Mississippi e reduziram as perdas associadas a cheias (Remo *et al.* 2009). E foram implementadas sem qualquer contestação ou qualquer narrativa dissonante.



Figura 7. Esquerda: folha do mapa de levantamento do rio Mississippi por Harold Fisk 1944, para o USCE¹², Plate 22, Sheet 8. Direita: o mesmo trecho em 2024 (Google Maps), notando-se a ausência de evolução dos meandros nos 80 anos que medeiam estas imagens.

Portanto, talvez a matriz de interpretação mais correcta seja outra - não se tratava de uma ponderação de valores económicos e ambientais; não havia simplesmente qualquer discurso alternativo, a Natureza era assumidamente ou um recurso ou uma antiga antagonista. Se hoje é evidente que o sistema se tornou mais eficiente economicamente à custa de uma simplificação ecológica resultante da perda de conectividade da planície de inundação, declínio de zonas húmidas, incisão acelerada do leito e maior vulnerabilidade a cheias extremas (Pinter *et al.* 2010; Kesel 2003), não houve até meados dos anos 1960 qualquer voz dissonante. Se o efeito combinado dos diques e dos cortes de meandros fixou um rio que evoluirá por migração de meandros em larga escala (o traçado em planta deixa de evoluir, ver Figura 7), se a intervenção criou um canal geomorfologicamente constrangido cuja dinâmica moderna não reflecte o seu comportamento desde o início do Holoceno, foi preciso esperar até 1970 e à assinatura do National Environmental Policy Act (NEPA) de 1970 para que esses factos pudessem ser articulados como contraponto ao benefício económico. O NEPA traduz um discurso emergente, o discurso do Ambiente que retoma características que a Natureza havia perdido – a possibilidade de atribuir valor às entidades do mundo material, senão intrínseco pelo menos

12 <http://www.radicalcartography.net/index.html?fisk>

relacionado com a necessidade de preservar a forma primeva da fonte dos recursos para garantir a sua disponibilidade para gerações futuras. O historiador do US Army Corps of Engineers (USACE), Martin Reuss, relata a surpresa das chefias do USACE ao verem ser embargados projectos no baixo Mississippi. Pelo seu significado metonímico transcrevemos aqui a passagem de Reuss (1998), p. 274: "It was a new era and one very foreign to engineers long accustomed to being cultural heroes, not villains. The era forced engineers throughout the country, including those in the Corps, to reassess their traditional orientation. Engineers who had spent their entire careers designing projects in defiance of nature now were told to tailor their design to nature's requirements, a shift that left many engineers uncomfortable, if not irate, particularly if they thought that the change would make the project less efficient or unsafe."¹³ Com o discurso do Ambiente, a possibilidade nascente de atribuir valor à natureza, adivinhava-se uma nova linguagem e com ela a transição para o que se pode chamar a fase da mediação ambiental. Antes de olharmos para o quadro normativo que a acompanha, nomeadamente no espaço europeu em que nos integramos, é razoável identificar alguns exemplos da fase de controlo em Portugal.

3.3 A fase de controlo em Portugal

Em Portugal, a fase de controlo foi (ou tem sido) sustentada por um aparato legal e institucional que se inscreve a criação do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria, em 1852, a regulamentação dos Serviços Hidráulicos, e que, já na República, teve um momento marcante na chamada Lei de Águas.

O governo saído do golpe de Maio de 1851 procurou dotar-se de órgão modernos e legislação para prosseguir um programa político assente na modernização económica, concretizável através de grandes investimentos em infra-estruturas. Estas incluíam caminhos-de-ferro, estradas, portos, pontes, telégrafos e obras hidráulicas, considerados essenciais para colocar Portugal nos circuitos modernos de produção e circulação de bens e matérias-primas. A criação do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria em 1852, e a dinâmica que Fontes Pereira de Melo lhe imprimiu foram instrumentais para prosseguir esses objectivos (Mónica, 1999).

A industrialização, que associamos ao Fontismo, não iniciou a fase de controlo nos rios portugueses, mas acelerou-a. Um caso exemplar é o do rio Mondego, cujos relatos de assoreamento remontam ao Sec. XIII (Costa Lobo, 1903, Quintela, 1986). Interpretando correctamente o nexó entre o aumento das áreas de arroteamento e pastagens nas cabeceiras da bacia hidrográfica e o aumento do caudal sólido no médio e baixo mondego, houve iniciativas para reduzir a produção de sedimentos pela proibição das queimadas, no reinado de D. Afonso V (Ferreira, 1991). Mas houve também planos e iniciativas para alterar o curso do rio, linearizando-o, reforçar as margens e remover ínsuas (Coelho, 1983). O plano de eliminação das ínsuas foi considerado suficiente até 1790, ano em que o padre e engenheiro fluvial Estêvão Cabral propôs o "encanamento" do rio, cortando meandros e criando um canal com trechos rectilíneos (Figura 8). Estêvão Cabral propunha que o aumento da velocidade do escoamento resolveria o assoreamento. Não seria por isso necessário reduzir (ou proibir) o cultivo das encostas nas cabeceiras da bacia hidrográfica.

13 Era uma nova era e bastante estranha para engenheiros há muito habituados a serem heróis culturais, e não vilões. Esta era obrigou engenheiros em todo o país, incluindo aqueles no Corpo de Engenheiros, a reavaliar a sua orientação tradicional. Engenheiros que tinham passado as suas carreiras a projectar empreendimentos com a natureza como antagonista foram, então, instruídos a adaptar os seus projectos aos requisitos desta, uma mudança que deixou muitos engenheiros desconfortáveis, se não mesmo irados, especialmente se considerassem que a alteração tornaria o projecto menos eficiente ou inseguro.

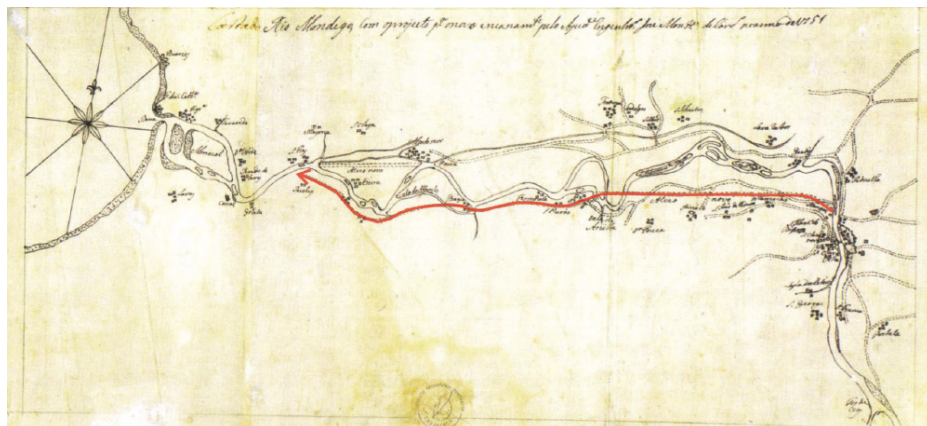


Figura 8. Mapa do Rio Novo, o Mondego como proposto pelo padre e engenheiro Estêvão Cabral. Adaptado de Helena Terêncio, 2017¹⁴.

As obras foram interrompidas em 1807, devido à invasão pelo exército Napoleónico comandado por Junot. O traçado de Estêvão Cabral foi o primeiro exemplo de aplicação de princípios científicos para intervir num rio português (Quintela, 2016). Resistiu a cheias relevantes, mas o assoreamento continuou, como resultado do aumento da produção de sedimentos associado ao arroteamento agrícola a montante (Quintela, 1986).

As intervenções continuaram no Mondego e noutros rios com interesse económico, relacionado com navegação ou usos agrícolas. A institucionalização dos Serviços Hidráulicos, criados em 1892, Decreto n.º 8, de 5 de Dezembro - Aprovação da Organização e do Regulamento dos Serviços Hidráulicos, e consolidados pelo regulamento de 1901, permitiu ao Estado português implementar um programa sistemático de obras de regularização fluvial. Aconteceram intervenções marcantes em praticamente todos os grandes rios a sul do Douro, incluindo o Mondego, (ainda obras de desassoreamento, rectificação do leito e defesa contra cheias); o Vouga e na Ria de Aveiro (essencialmente apoio à navegabilidade e salicultura); o Tejo médio e inferior (estabilização de margens e melhoria da navegabilidade); o Sado (drenagem associada à expansão dos arrozais); e baixo Guadiana (apoio à navegação fluvial e tráfego mineiro). Estas intervenções estão documentadas nos vários relatórios do Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria ou Direcção-Geral de Obras Públicas e Minas¹⁵ (ver também Campelo, 2010).

A Lei das Águas de 1919 (Decreto n.º 5787-III, de 10 de Maio) veio introduzir uma mudança estrutural nas políticas com impacto nos serviços hidráulicos. A lei é clara no seu propósito de “promover desde já o aproveitamento agrícola e da energia eléctrica das águas das bacias hidrográficas dos nossos rios, a fim de diminuir [importações] e [valorizar] o trabalho português.” (Figura 9). Pela primeira vez, aparece na legislação um uso novo para as águas fluviais associado ao designio da electificação.

14 <https://poseur.portugal2020.pt/media/39930/21-apresenta%C3%A7%C3%A3o-helena-terencio.pdf>

15 <https://arquivohistorico.sgeconomia.gov.pt/details?id=567>

A Lei de Águas estabelece, também pela primeira vez, um regime jurídico unificado para o domínio hídrico, substituindo o mosaico de normas dispersas do século XIX (Serra 2014 livro APRH). Elimina a categoria de “águas comuns”, o que limitará o leque de possibilidades de gestão participada da água. Classifica explicitamente como domínio público grande parte das águas superficiais, atribuindo a autoridade do Estado sobre rios navegáveis, fluviáveis e seus leitos, e instituindo um sistema de licenciamento obrigatório para usos privativos, captações, desvios e obras hidráulicas, reforçando o controlo central sobre actividades agrícolas, industriais e energéticas (MOPCI, Lei de Águas, 1919¹⁶).

Aparece, de novo pela primeira vez, um embrião de preocupação ambiental, expressa numa disposição económica: um regime económico e financeiro da água, expresso no artº 129 (ponto único), que enuncia um princípio do tipo poluidor-pagador (Figura 10), em que não é claro se o Estado estabelece os termos para a aquisição do “direito” a poluir ou se aplica a medida discricionariamente.

Considerando que não há país no mundo que possa promover convenientemente a colocação dos mesmos produtos e fomentar o interesse comercial, já hoje tão importante, com os mesmos países:
Em nome da Nação, o Governo da República Portuguesa decreta, e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

MINISTÉRIO DO COMÉRCIO E COMUNICAÇÕES

Decreto n.º 5787-III

Sendo as águas das correntes, dos lagos e lagoas, bem como as pluviais e subterrâneas, um dos mais im-

1346-IIIHHH

I SÉRIE — NÚMERO 98

portantes factores da riqueza nacional, cujo desenvolvimento ao Governo compete auxiliar e fomentar;

Atendendo a que a legislação reguladora do uso das mesmas águas se encontra dispersa por vários diplomas, alguns dos quais, baseados em princípios que os progressos da ciência moderna condenam, carecem de ser reformados, e outros mais recentes incluem disposições cujos inconvenientes, revelados pela prática, importa prover de eficaz remédio;

Sendo, da maior urgência promover desde já o aproveitamento agrícola e da energia eléctrica das águas das bacias hidrográficas dos nossos rios, a fim de diminuir quanto possível a importação das subsistências e combustíveis, intensificando e valorizando ao mesmo tempo o trabalho português;

Considerando que pela diversidade das disposições naturais em que se apresentam as águas terrestres, pela multiplicidade e interdependência das suas aplicações, e ainda pela variação do regime legal a que estão sujeitas, muito convém reunir e sistematizar todas as disposições aplicáveis ao uso das águas num único diploma redigido no espírito progressivo que hoje inspira neste assunto todas as legislações cultas;

Tendo ouvido o parecer da Comissão Técnica dos Serviços de Obras Públicas, criada pelo decreto n.º 3461, de 16 de Outubro de 1917; e

Usando da autorização concedida ao Governo pelas leis n.º 373, de 2 de Setembro de 1915, e n.º 491, de 13 de Março de 1916:

Em nome da Nação, o Governo da República Portuguesa decreta, e eu promulgo, para valer como lei, o seguinte:

TÍTULO I

Do domínio das águas

As águas das correntes, dos lagos e lagoas, bem como as pluviais e subterrâneas, um dos mais importantes factores da riqueza nacional, cujo desenvolvimento ao Governo compete auxiliar e fomentar; Atendendo a que a legislação reguladora do uso das mesmas águas se encontra dispersa por vários diplomas, alguns dos quais, baseados em princípios que os progressos da ciência moderna condenam, carecem de ser reformados, e outros mais recentes incluem disposições cujos inconvenientes, revelados pela prática, importa prover de eficaz remédio; Sendo, da maior urgência promover desde já o aproveitamento agrícola e da energia eléctrica das águas das bacias hidrográficas dos nossos rios, a fim de diminuir quanto possível a importação das subsistências e combustíveis, intensificando e valorizando ao mesmo tempo o trabalho português;

Art. 2.º São de domínio particular:

1.º As águas que nascerem em algum prédio particular e as pluviais que nele caírem, enquanto não transpuserem abandonadas os limites do mesmo prédio, ou que, ultrapassando esses limites e correndo por prédios particulares, são consumidas antes de se lançarem no mar ou em outras águas do domínio público. Se, porém, se lançarem no mar ou em outras águas públicas, deixarão de ser particulares apenas passem os limites do prédio onde nascerem ou caírem.

2.º Os lagos ou lagoas existentes dentro dalgum prédio particular que não sejam alimentados por corrente pública;

3.º As águas subterrâneas que nos prédios particulares se encontrem;

4.º Os poços, galerias, canais, levadas, aquedutos, reservatórios, albufeiras e demais obras construídas por pessoas singulares ou colectivas para captação, derivação ou armazenamento das águas públicas ou particulares no interesse da agricultura ou da indústria;

5.º O alveio das correntes não navegáveis nem fluviáveis e bem assim o das águas pluviais que atravessarem ou banharem prédios particulares.

Art. 3.º Entende-se por leito ou alveio a porção da superfície do terreno que a água cobre sem transbordar

Figura 9. Excerto do preâmbulo da Lei de Águas, 1919.

Para os rios e o controlo sobre eles exercido, a Lei de Águas representou uma transição. De uma engenharia fluvial predominantemente correctiva – focada na navegabilidade, defesa de margens e controlo de cheias – passou-se a uma lógica de gestão pública, incluindo regulação económica, sanitária e territorial, a servir de base legal para as políticas estatais de modernização (Serra, 2016; Saraiva, 1999).

Esta transição foi aprofundada pela criação de outros organismos que viriam apoiar o paradigma dos grandes aproveitamentos hidroagrícolas e hidroeléctricos do século XX. Assim, foi criada, nos anos 30, a Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola (JAOHA) e, em 1949, pelo Decreto-Lei 37707¹⁷, reorganizada a Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos (DGSH), que absorveu a JAOHA, na Repartição de Aproveitamentos Hidráulicos. Estes serviços hidráulicos deixaram de ser apenas executores de obras de rectificação e defesa contra cheias, passando a assegurar funções de planeamento, fiscalização, inventário e gestão integrada.

TÍTULO VI

Disposições gerais

Art. 128.º As águas minero-medicinais e as que por lei especial ou diploma de igual força tiverem sido concedidas ou estiverem sujeitas a determinado regime, continuarão a ser aproveitadas em harmonia com a legislação especial que lhes diz respeito.

Art. 129.º A parte remanescente das águas empregadas nos usos agrícolas ou industriais que tiver de voltar à corrente principal, não poderá ser inquinada de substâncias nocivas à agricultura, à higiene ou à criação e vida do peixe.

§ único. Exceptua-se o caso em que o Governo, atendendo à importância do aproveitamento, conceda autorização especial, com as restrições que julgar convenientes, para que as águas inquinadas sigam o seu esgote natural, ficando sempre a cargo dos agricultores ou industriais, indemnizar o Estado, corporações ou particulares que sejam lesados.

Figura 10. Excerto do Título VI da Lei de Águas de 1919.

A DGSH tornou-se o órgão do Ministério das Obras Públicas responsável pela coordenação de todas as actividades de hidráulica geral, hidráulica agrícola e hidráulica marítima, com competências de estudo, projecto, fiscalização e execução das obras hidráulicas públicas. Quanto às intervenções nos rios que possibilitariam a produção hidroeléctrica, ficaram, a partir de 1944, a cargo da Direcção-Geral dos Serviços de Fomento e Electricidade (DGSFE). A DGSH teve um papel central na implementação dos grandes aproveitamentos hidro-agrícolas do Estado Novo, enquadrados em planos específicos ou nos Planos de Fomento¹⁸ (Freire, 2014).

17 <https://diariodarepublica.pt/dr/analise-juridica/decreto-lei/37596-1949-266786>

18 https://purl.sgmf.pt/PF-1968/1/PF-1968_master/PF-1968_PDF/PF-1968_PDF_01-B-R0300/PF-1968_0000_0025-0057_t01-B-R0300.pdf

Nestes aproveitamentos hidro-agrícolas inclui-se o do Baixo Mondego que, após as intervenções de linearização já descritas, é alvo de um projecto combinado de regularização de caudais em albufeiras com fins múltiplos, para as quais são previstas novas barragens, e de obras de regulação e drenagem no Baixo Mondego. O Plano Geral de Aproveitamento Hidráulico da Bacia do Mondego é apresentado pela DGSH, prevendo a construção de três grande barragens a montante de Coimbra, a da Aguieira, a de Fronhas, no rio Alva, e o açude da Raiva, e de uma açude-ponte na própria cidade de Coimbra. A Aguieira é construída entre 1973 e 1981, com os fins de produção hidroelétrica, controlo de cheias e rega no Baixo Mondego, onde, entre 1977 e 1986 decorreram as principais obras hidráulicas (o Aproveitamento Hidráulico, ver mapa na Figura 11). As infra-estruturas secundárias de rega, drenagem e rede viária realizaram-se ao longo dos anos 1980. Estas estruturas do Aproveitamento Hidro-Agrícola tinha como objectivos permitir a realização do emparcelamento da propriedade, aumentando o tamanho médio dos lotes, e a reconversão cultural, para diversificar as culturas de regadio (reduzindo a proporção do arrozal). A área total correspondente ao perímetro de rega é de cerca de 12000 ha (MARN, 1993; APRH, 2011). As obras previstas não foram totalmente concluídas (intervenções nos afluentes). Recentemente (2020-2013), houve que reforçar e reparar diques e outras estruturas, especialmente associadas ao Canal Condutor Geral, na sequência das cheias de 2019.

Também o rio Sorraia sofreu intervenções profundas na segunda metade do sec. XX, com o objectivo de racionalizar os padrões de cultivo e que alteraram radicalmente a sua morfologia. O Aproveitamento Hidro-Agrícola do Sorraia, foi iniciado na década de 1930 mas ampliado entre 1950 e 1960 com a conclusão das barragens de Maranhão (1957) e Montargil (1958). Uma vasta rede de canais primários e secundários, foi concebido para estabilizar o regime hidrológico, viabilizar a modernização agrícola da lezíria, com alteração ao sistema de parcelamento, e permitir novas culturas, quer de sequeiro quer de regadio nos 15000 ha do perímetro (ver Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia – evolução histórica¹⁹). Os benefícios económicos foram significativos embora à custa de evidente perda de diversidade morfológica, como é evidente na Figura 12, em que se nota que o rio fortemente anastomosado se transformou numa sequência de canais simples.

Ao contrário do caso Mississipi, em que a pertinência de algumas intervenções foi contestada ao longo dos anos 1960, não é conhecida, em Portugal, oposição relevante aos projectos hidro-agrícolas que conduziram a alterações geomorfológicas profundas, com perdas definitivas de conectividade lateral e longitudinal. Por exemplo, o caso do “twelve foot channel” (Merrit, 1984), uma intervenção que aumentaria a profundidade de um trecho do rio para 12 pés, foi contestada por entidades locais de protecção da vida selvagem, pesca, e agricultura, sendo defendida essencialmente pela indústria da navegação e associações de agricultores a montante.

19 <https://www.arbvs.pt/index.php/a-arbvs/a-arbvs-2>

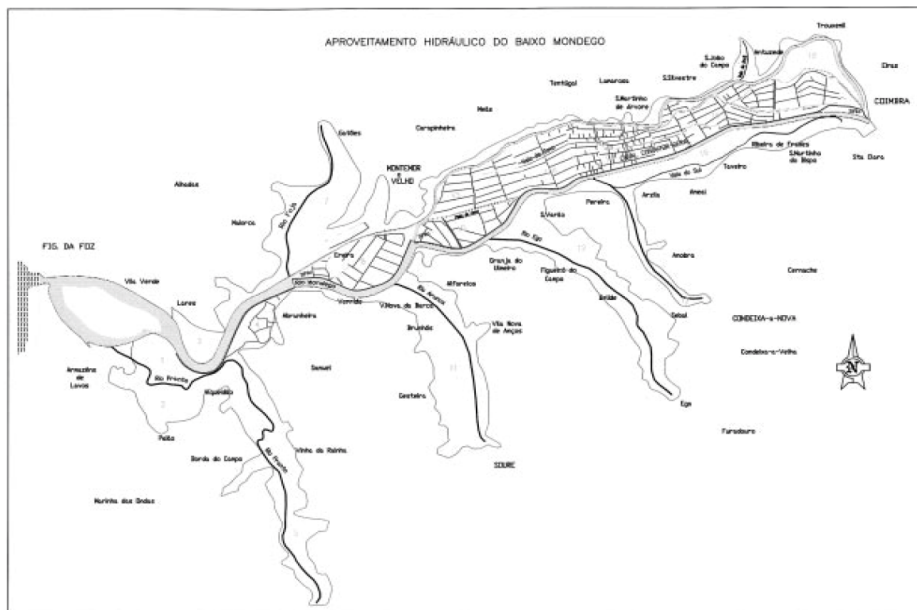


Figura 11. Principais canais e estruturas do Planta do Aproveitamento Hidráulico do Baixo Mondego. Adaptado de Cunha (2002).

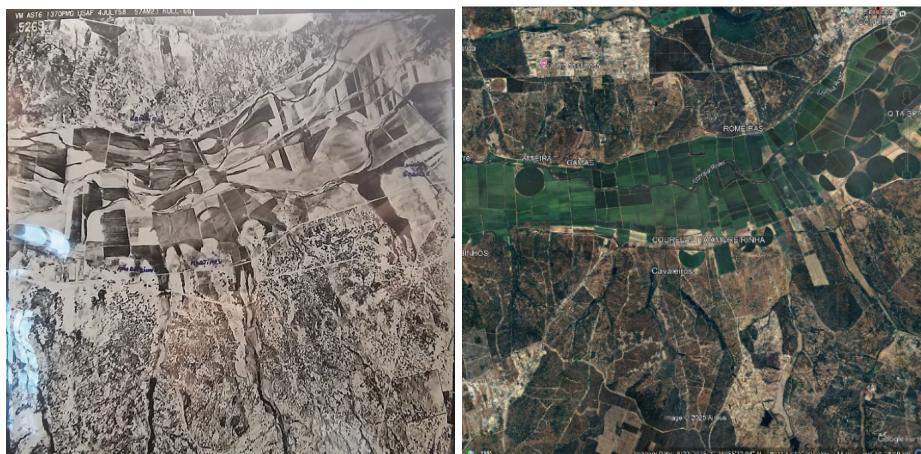


Figura 12. Vista aérea do rio Sorraia imediatamente a jusante de Coruche. Esquerda: fotografia aérea de 1958, levantamento pela força aérea do Estados Unidos da América (cortesia do Museu Municipal de Coruche, <https://museu-coruche.org/>). Direita: imagem de satélite de Agosto de 2025, Google Earth.

Em Portugal, por exemplo no Mondego, houve alguma oposição por parte dos agricultores que se queixaram da perturbação aos modos naturais de fertilização (a “terra gorda” depois das cheias) e da incerteza quanto aos novos modelos de cultivo e parcelamento, nomeadamente a redução da área de arrozal. Muitas destas queixas resultaram da falta de informação, por ausência de processos de participação pública – o depoimento de um agricultor é claro: no final dos anos 1970, não tinham ideia de que intervenção se tratava quando viram as máquinas a chegar (Arquivo RTP²⁰). Estas tensões foram essencialmente aliviadas uma vez os agricultores informados das possibilidades do aproveitamento. Talvez o ponto em comum entre a falta de contestação em Portugal e a contestação no Mississippi seja o carácter local do dano ou benefício económico e social. Para as populações no Mississippi, não havia real benefício económico local, apenas dano para os modos locais de uso do rio. Para as populações portuguesas, numa economia ainda dominada pelo sector primário, os benefícios económicos e demográficos fizeram-se sentir, havendo fixação de população e melhoras na produtividade agrícola.

Só mais tarde, a partir dos anos 1990, começam os relatos de degradação ambiental de alguns destes aproveitamentos. Discutimos, de seguida, algumas características marcantes da fase da mediação ambiental em Portugal.

3.3. A fase de mediação ambiental

A ciência que deu à humanidade a possibilidade de controlo sobre as entidades do mundo material, por via de redes de instituições normativas e coercivas, também nos dotou dos meios para monitorizar e medir os efeitos desse controlo. São ciências distintas, evidentemente, com predominio das ciências ditas exactas e naturais, com as mecânicas dos fluidos e dos sólidos como fundamentais, no primeiro caso, e a química, biologia, antropologia e, mais tarde as ciências dos sistemas, humanos e não-humanos (ecologia, sociologia, economia), no segundo caso. A tomada de consciência das alterações profundas aos sistemas que nos suportam materialmente alarmou populações, académicos e decisores. O substantivo Ambiente como uma combinação de sistemas ecológicos e tecnológicos que importa regular. Simplificando muito, arriscamos afirmar que se a Natureza é um truque da linguagem que opera o corte ontológico entre a humanidade e as restantes entidades do mundo material, mantendo a intenção nostálgica de o poder suturar, o Ambiente aceita a diferença entre humano e não-humano e desloca a relação entre estes para os planos funcional e moral. O discurso do Ambiente requer ferramentas de governança, gestão do risco, gestão de externalidades, além das ferramentas da ciência que monitoriza os sistemas humanos e não-humanos. E requer um aparato legal que regule a utilização destas ferramentas, articuladas naqueles planos.

Nos Estados Unidos, como se viu, o National Environmental Policy Act (NEPA)²¹, de 1970, deu expressão na lei à impressão generalizada de que os problemas de poluição e degradação ecológica se poderiam tornar existenciais para a humanidade e que não havia mecanismos auto-regulatórios no aparato técnico-político característico da fase de controlo. No que concerne aos rios, lembre-se que o NEPA é precedido pelo Wilderness Act de 1964²², uma peça de conservacionismo que estabelece uma distinção radical entre humanos e as restantes entidades do mundo natural: “wilderness [...] is hereby

20 <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/agricultores-contra-projecto-do-baixo-mondego/>

21 <https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-10352/pdf/COMPS-10352.pdf>

22 <https://www.fws.gov/law/wilderness-act-1964>

recognized as an area where the earth and its community of life are untrammelled by man, where man himself is a visitor who does not remain”²³. Do NEPA resultam peças de legislação que estabelecem a obrigação e os modos pelos quais se elaboram Estudos de Impacte Ambiental.

Na União Europeia, o primeiro de oito “Environment Action Programmes”²⁴ (EAP) é adoptado em 1973, inicialmente, como nos Estados Unidos, com preocupações de combate à poluição. O segundo EAP clarifica o princípio do poluidor-pagador (Jans and Vedder, 2024) mas apenas no terceiro EAP (1983) se propõe que a avaliação ambiental (environmental impact assessment) seja o instrumento fundamental para garantir que o ambiente é tido em consideração nos processos de decisão com expressão no território (Shoenefeld and Jordan 2019). Esta proposta resultou na Directiva EIA²⁵, de 1985 (directiva do Conselho Europeu 85/337/EEC), que estabelece os modos pelos quais os impactes ambientais devem ser sistematicamente avaliados. Pelo Tratado de Roma (1957), é obrigatório que cada estado-membro transponha as Directivas para a sua legislação o que, em Portugal, veio a acontecer em 1990, pelo Decreto-Lei n.º 186/90, de 6 de Junho²⁶.

Em Portugal, após a Revolução de 25 de Abril de 1974, os problemas de poluição são menos evidentes, e a preocupação maior é a do desenvolvimento económico e de o fazer de forma solidária, justa e eficiente. Estes são princípios suficientes para enquadrar o discurso do Ambiente. Assim, a Constituição da República Portuguesa de 1976²⁷ consagra no artigo 66.º, nos 1 e 2a), que “Todos têm direito a um ambiente de vida humano, sadio e ecologicamente equilibrado e o dever de o defender.” e que “Incumbe ao Estado, por meio de organismos próprios e por apelo a iniciativas populares: a. Prevenir e controlar a poluição e os seus efeitos e as formas prejudiciais de erosão”. Quanto à eficiência, o ponto 2d) do artigo 66.º estabelece que se terá que “d) Promover o aproveitamento racional dos recursos naturais, salvaguardando a sua capacidade de renovação e a estabilidade ecológica”.

No que aos rios respeita, e às suas águas encaradas como um recurso escasso, a melhor forma de as gerir suscitava já reflexões que ecoavam preocupações e modos de agir debatidos e implementados nas décadas anteriores. O livro “Fundamentos de uma nova Política de Gestão das Águas em Portugal” do Prof. Luís Veiga da Cunha, em 1974, assenta nas premissas de que é urgente realizar a gestão da água apoiada em planos de bacia hidrográfica e um plano nacional da água (Veiga da Cunha, 1974). Esta posição traduz, em parte, a experiência francesa na gestão da água dos rios, e dos impactes das opções de gestão sobre as várias camadas que a água sustenta, humanas ou não-humanas, pela Lei das Águas, Dezembro de 1964²⁸. A opção, na lei Francesa, é claramente de incentivar a gestão e a mitigação de problemas de poluição por bacia hidrográfica, criando agências da água por bacia. Tem como precedente a Lei das Águas do estado da Baviera,

23 “natureza selvagem [...] é por este meio reconhecida como uma área onde a terra e a sua comunidade de vida não são cerceadas pelo homem, onde o homem é ele próprio um visitante que não permanece.”

24 https://environment.ec.europa.eu/strategy/environment-action-programme-2030_en

25 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A31985L0337>

26 <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/70-1990-332410>

27 <https://www.parlamento.pt/parlamento/documents/crp1976.pdf>

28 <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000509753>

de 1962²⁹, que estabelece os princípios para a definição do domínio hídrico, de unidades morfológicas, dos princípios de monitorização, e do regime de compensações em caso de poluição. Em 1977 ocorre a conferência promovida pelas Nações Unidas, em Mar del Plata, na Argentina, na qual emerge como consensual a ideia de que os recursos hídricos deveriam ser geridos em unidades correspondentes a bacias hidrográficas.

Este princípio da gestão da água por bacias hidrográficas de grandes rios entrou finalmente na lei portuguesa em 1990 pelo Decreto-Lei n.º 70/90: “Para promover o planeamento e a gestão dos recursos hídricos de uma forma racional optou-se por definir como unidade de gestão a bacia hidrográfica, conjuntos de bacias hidrográficas ou zonas consideradas afins numa óptica de utilização da água, criando para o efeito administrações de recursos hídricos (ARHs).” Iniciativas legislativas subsequentes, como decreto-Lei 45/94³⁰, que regulamenta o Plano Nacional da Água (PNA), que abrange todo o território nacional, e os planos de bacia hidrográfica (PBH), obrigatórios para os grandes rios definidos nesse decreto, ou a criação do Instituto da Água (INAG) em 1993, adicionaram camadas operacionais a este princípio de gestão por bacias hidrográficas.

A criação das ARHs foi amplamente debatida no seio da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, criada em 1987, com eventos como o 1º Encontro Nacional da Distribuição de Água. Para Campelo (2010) é a criação das ARHs que marca a transição do que chamamos a fase de controlo, puramente extractiva, para a fase de mediação ambiental, com órgãos de participação bem definidos e representatividade da sociedade civil.

As questões da participação pública e representatividade da sociedade, foram aliás enquadradas na Lei de Bases do Ambiente, Lei n.º 11/87, de 07 de Abril³¹, que cumpre o artigo 66º da Constituição, como princípios fundamentais. O terceiro princípio específico, em particular, enunciava precisamente que “os diferentes grupos sociais devem intervir na formulação e execução da política de ambiente e ordenamento do território”. Um dos elementos para a consecução desta participação foi a Criação do Conselho Nacional da Água (CNA) pelo Decreto-Lei n.º 45/94, e regulamentado pelos Decreto-Lei n.º 166/97 e Decreto-Lei n.º 84/2004. O CNA acolhe representantes da Administração Pública Central e Local, organizações científicas e vogais convidados. Não se tratando exactamente de um órgão de participação pública, é ainda assim, relevante pelo designio de juntar decisores com agentes com conhecimento científico e/ou conhecedores das dinâmicas locais.

Estabilizada o quadro legislativo português quanto à governança da água, a fase mais recente do paradigma da mediação ambiental iniciou-se (fora de Portugal) com a Directiva da Água (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 23 de Outubro de 2000³²), que lança as fundações para uma política integrada da água no seio da União Europeia. A legislação portuguesa incorpora esta directiva pela Lei da Água de 2005³³ (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro), tendo

29 <https://www.ecolex.org/details/legislation/nature-protection-completion-law-lex-faoc072485/?q=bavaria+law+1962>

30 <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/45-1994-515808>

31 https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?artigo_id=752A0001&nid=752&tabela=leis&pagina=1&ficha=1&so_miolo=&nversao=#artigo

32 <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng>

33 <https://files.diariodarepublica.pt/1s/2005/12/249a00/72807310.pdf>

como legislação complementar a Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos³⁴ (Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro). Segundo Correia (2017), estas leis não se limitaram a transpor a Directiva da Água, transportando o património das iniciativas anteriores, que se iniciaram com a Lei de Águas de 2019 e que tiveram no Plano Nacional da Água (PNA) de 2002³⁵ (que cumpre o disposto no Decreto-Lei n.º 45/94) a última instância antes da aprovação da Lei da Água de 2005.

A Lei da Água é bem conhecida, pelo que lembramos apenas os seus princípios estruturantes que, além dos assinalados na Lei de Bases do Ambiente, incluem: a gestão sustentável e integrada dos recursos hídricos; a gestão por bacia hidrográfica; a prevenção e precaução; os princípios do utilizador-pagador e poluidor-pagador, visando assegurar a proteção e valorização das massas de água; a utilização eficiente e equitativa dos recursos; e a prevenção da degradação ecológica.

Neste quadro legislativo, a qualidade das massas de água superficiais melhorou desde os anos 1980 até 2015, fruto da implementação de estratégias para mitigar a poluição e de licenciamento de usos mais criterioso. Todavia, a monitorização prevista na Directiva da Água mostra que a partir de 2015 o estado dos rios portugueses não tem vindo a melhorar, registando-se um decréscimo de 7% no número de massas de água superficiais em bom estado (Figura 13).

Massas de água superficiais e subterrâneas classificadas com estado global bom ou superior

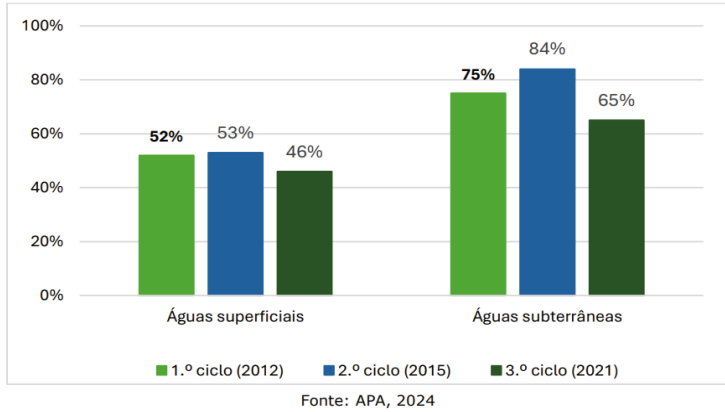


Figura 13. Massas de água superficiais e subterrâneas classificadas com estado global bom ou superior. Adaptado do Relatório do Estado do Ambiente, APA, 2024³⁶.

Não tendo elementos para avaliar as causas desta estagnação dos benefícios do actual quadro de governança ambiental, resta-nos verificar que a qualidade das massas de água na Europa comunitária tem registado melhorias, mas de forma mais lenta que o desejado. Nas bacias dos rios em zonas mais industrializadas (exceptuando-se o Reno) ou em zonas de

34 <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/2005-34543575-48348975>

35 <https://dados.gov.pt/pt/datasets/plano-nacional-da-agua-pna-2002/>

36 https://rea.apambiente.pt/sites/default/files/rea/REA_2024_Final_22_out_2024.pdf

agricultura mais intensiva, o estado das massas de água em 2024 era geralmente mau (Figura 14).

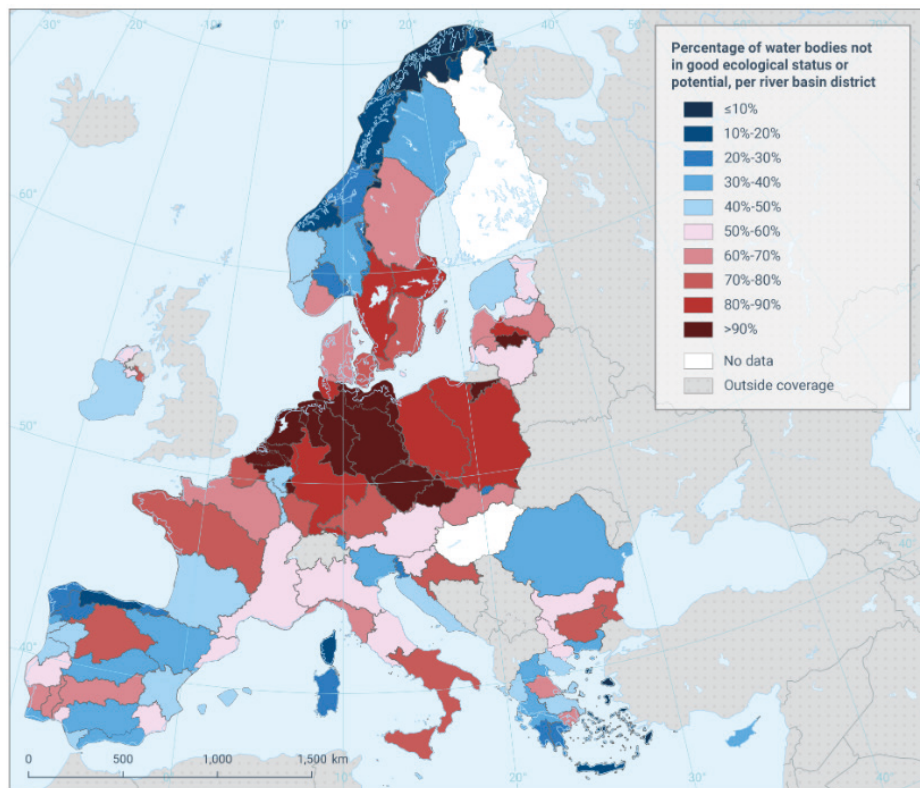


Figura 14. Estado das massas de água superficiais na União Europeia. Percentagem de massas de água de cada bacia que apresenta um estado ecológico abaixo de bom. Mapa disponível em <https://discomap.eea.europa.eu/wise-freshwaterviewer/>.

Muito importante para os rios portugueses foi também a Directiva das Cheias³⁷ (Floods Directive, 2007/60/EC). Veio a ser transposta para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de Outubro³⁸. Com este enquadramento legal são estabelecidos os contornos dos Planos de Gestão de Riscos de Inundações (PGRIs), no quais se identificam os riscos de cheia para que possam divisar medidas de mitigação. Do segundo ciclo de planeamento resultaram intervenções de protecção, prevenção, preparação e recuperação quantificadas (e número e valor) na Figura 15.

37 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32007L0060>

38 <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/115-2010-307873>

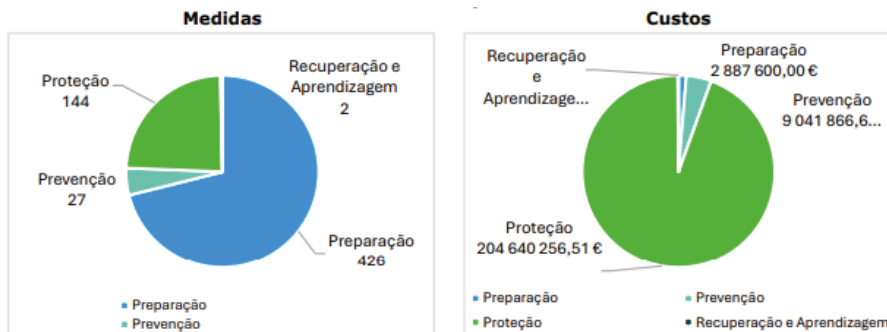


Figura 15. Obras de intervenções de protecção, prevenção, preparação e recuperação quantificadas resultantes da apreciação do 2º ciclo dos PGRI. Adaptado de Relatório do Estado do Ambiente, APA, 2024.

A Lei da Água (Lei n.º 58/2005) não sofreu alterações estruturantes aos seus objectivos e princípios mas foi objecto de várias revisões e ajustamentos sectoriais. A mais relevante terá sido a criação da Agência Portuguesa do Ambiente, pelo Decreto-Lei n.º 56/2012³⁹, de 12 de Março, consequente extinção do INAG e incorporação das ARHs na orgânica da nova agência. Nas competências da APA fica, ainda, a elaboração dos PGRI.

A transferência de competências de gestão, licenciamento e fiscalização para a APA foi contestada (Correia, 2017, REF) com argumentos de perda de eficácia, em particular a perda do potencial de engajamento e comprometimento de agentes interessados (*stakeholders*) locais, a nível de bacia.

Os *stakeholders* locais incluem as associações de regantes, associações profissionais (tipicamente de agricultura) ou associações ambientais ou de defesa do património. As comunidades locais, os cidadãos, têm evidentemente expressão através destas entidades. Todavia, há a percepção de que os mecanismos de participação não estão a ser planamente explorados. O Plano Nacional da Água de 2002 tinha inscrita a observação que “[...] não pode haver planeamento sem que [...] se encontrem envolvidos os agentes económicos e as populações;” (2.2 - Princípios de planeamento e gestão). Mais ainda, diagnosticava a “Inexistência de sistemas de indicadores sobre grau de participação e eficácia dos processos que permitam comparar as preferências dos cidadãos e o grau de influência da participação na decisão final” (2.7 - Informação, participação e conhecimento). A utilidade programática da participação estava consagrada na Lei de Bases do Ambiente mas era não claro para o legislador de 2002 que a participação das comunidades tivesse de facto pesado em alguma das decisões entretanto tomadas em matéria de planeamento de recursos hídricos.

A revisão do PNA, em 2016⁴⁰, mantém o propósito de envolver as comunidades para garantir processos de decisão mais robustos mas adopta um tom defensivo: “...o sucesso [o cumprir os objectivos do plano] depende[] em grande medida

39 https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1742&tabela=leis&so_miolo=

40 <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/76-2016-75701996>

[...] do despertar da consciência cívica dos cidadãos e por isso se aposta na transparência dos processos, na informação ao público e na elevação do nível da sua participação nas decisões sobre o ambiente.” (1.8 - Considerações finais). O PNA propõe-se “aumentar a consciencialização dos cidadãos” e “promo[ver] e facilita[r] []o envolvimento do público... [pelo] portal participa.pt, que concentra todas as consultas públicas”. (5.3 - Envolvimento do público e das partes interessadas).

A questão da participação parece-nos central para o cumprimento das estratégias ambientais, em consonância com a segurança hídrica (defesa contra a escassez de água) e hidráulica (defesa contra as cheias). A fase de mediação ambiental deixou-nos, como vimos, com massas de água superficiais com melhores indicadores físico-químicos e ecológicos. Deixa-nos também com comunidades mais seguras no que às cheias diz respeito. Mas não resolve todos os problemas, nomeadamente quando estão em questão rios de menor dimensão sem interesses económicos associados e sem que haja uma ligação ancestral das populações. Um tipo de rios nestas condições é o que se desenvolve em bacias peri-urbanas cuja ocupação humana é relativamente recente ou que a estrutura social e económica mudou significativamente. Para os rios portugueses em geral e para estes em particular, identificadas as falhas no actual modelo de participação, parece legítimo elaborar sobre formas de participação mais eficazes. Faremos esse exercício na próxima secção.

4. Um novo quadro conceptual para a participação cidadã: o rio como sujeito do planeamento

Os rios que temos são o resultado de processos geo/bio/hidromorfológicos que em nada dependem de nós, humanos, e de processos e intervenções realizadas pelas comunidades que ao longo dos séculos se foram estabelecendo ao longo deles. São raros aqueles em que as intervenções humanas não são determinantes para explicar a sua morfologia e ecologia. De acordo com as métricas e critérios adoptados no espaço da União Europeia, alguns dos nossos rios apresentam um estado ecológico bom ou muito bom. Um pouco mais de metade não atinge o patamar de bom. Muito poucos são os que mantêm uma morfologia pristina. Estas são constatações que não esclarecem que relação temos com os nossos rios. E, parece-nos, este é um aspecto fundamental que pode ajudar a ultrapassar a estagnação quanto à evolução da qualidade ecológica que a Figura 13 parece revelar.

Rios há em que a actividade económica, primordialmente agricultura, nunca cessou. Podem não ter um bom estado ecológico ou mesmo bioquímico e seguramente que não têm uma morfologia que lhes é confortável. Mas, existindo comunidades que deles dependem, parece-nos que é razoável admitir que há um potencial forte de ligação ao rio, por parte das suas comunidades, que poderá ajudar a resolver os problemas de ambos, rios e comunidades.

Suscitam-nos maiores preocupações os rios cujas comunidades aí se estabeleceram há pouco tempo e apenas para residir, sem que o rio proporcione sustento material. É o caso das bacias peri-urbanas, por exemplo em torno de Lisboa, em que a agricultura de subsistência, baseada em hortas e pequenos perímetros de regadio, deu lugar a habitação, muitas vezes precária. Se do êxodo rural se fala desde meados do séc. XIX (coincidindo com o desenvolvimento dos transportes, durante a Regeneração), a ocupação destes espaços acentuou-se nos últimos 60 anos, nos quais as actividades económicas tradicionais relacionadas com os rios desapareceram quase completamente. O resultado são rios como os representados na Figura 1, cercados por construções, invisíveis física e simbolicamente. Não é de espantar que, pelos parâmetros da Directiva da Água, é raro que a qualidade destes rios chegue a ser boa. Observando a Figura 16 pode constatar-se que os rios da periferia de Lisboa são, na sua maioria, caracterizados como de qualidade má ou suficiente, quase nunca boa.

Da falta de conexão, do desinteresse, decorre o desconhecimento dos processos fluviais e também o desconhecimento dos processos inscritos na lei para resolver problemas transmitidos pelos rios. Tomamos como metonímia o exemplo da comunidade que expressou num muro de contenção de uma ribeira a sua frustração sobre a incapacidade de lidar, sem apoio, com os problemas de cheias, poluição e erosão associados àquela que deveria ser a “sua” ribeira (Figura 17). Os processos de consulta à população e os canais de acesso à APA e ao poder local existem, são direitos e desígnios inscritos na lei, como vimos, mas não são imediatamente apercebidos pelos cidadãos.

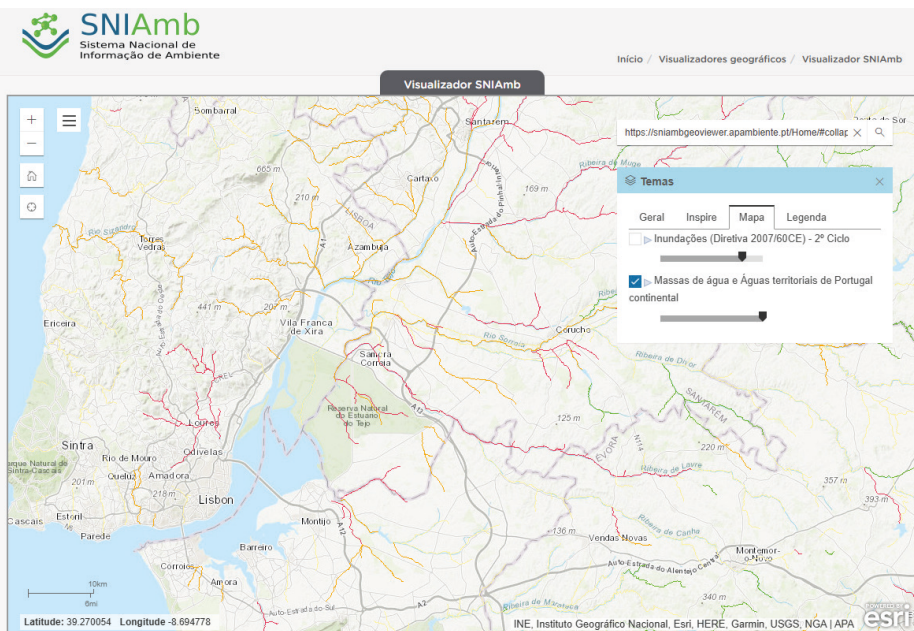


Figura 16. Estado das massas de água superficiais na região de Lisboa. Mapa disponível no portal SNIAmb, <https://sniamb.apambiente.pt/content/geo-visualizador>.

Impõe-se, portanto, reconectar as comunidades aos rios. Uma participação das comunidades, robusta e exigente, será porventura o ingrediente que falta para que se atinjam as metas de qualidade. Nem sempre parece ser essa a interpretação do decisor político. Por exemplo, no documento “Água que nos une”⁴¹, que expressa a “Estratégia nacional para a gestão da água”, do XXIV Governo Constitucional, elaborado entre 2024 e 2025 e em vigor no presente (Outono de 2025), a participação cidadã não tem qualquer relevância. O termo “participação” aparece 3 vezes, uma das quais num título, e não existe qualquer iniciativa específica associada à sua promoção como instrumento de governança.

41 https://participa.pt/contents/consultationdocument/20250325_Agua%20que%20Une_Resumo%20Executivo_vf_5997.pdf



Figura 17. Protesto de moradores na periferia de Lisboa quanto ao mau estado de uma ribeira vizinha. A ribeira em questão provoca pequenas inundações e apresenta má qualidade das suas águas.

Assumindo que a ausência de participação decorre do que identificámos como o “esquecimento”, em Illich (1985), a dissolução da teia de relações e cumplicidades pelas quais as comunidades humanas conduziam o seu destino junto com as restantes entidades materiais, podemos interrogar-nos se o processo é reversível.

Em boa verdade, algumas comunidades humanas alegam que nunca passaram por essa fase de esquecimento e exigem que a sua ligação a entidades como os rios ou florestas seja consagrada na lei. Propõem, em particular, que o rio – a rede de seres vivos e o seu substrato mineral – seja considerado pessoa não-humana. É o caso das comunidades Maori do rio Whanganui (Aotearoa/Nova Zelândia) para as quais o rio é tido como um familiar. Esta característica de familiaridade é um dos componentes do quadro legal que concede ao rio Whanganui, o estatuto de pessoa não-humana⁴². Estabelecendo relações genealógicas ou de parentesco (“*whakapapa*”) entre humanos e entidades materiais não-humanas (por exemplo rios, montanhas, florestas), gera-se também um vínculo (“*kaitiaki*”) entre sucessivas gerações Maori (Charpleix, 2017; Sanders, 2018), o que se nos afigura como uma outra forma de expressar o compromisso de sustentabilidade do relatório Brundtland. Na mundividência Maori não tem lugar o excepcionalismo humano. Não quer isso dizer que não haja uso e valor económico do rio ou uma floresta. Pelo contrário, é precisamente porque o rio é a fonte material de sustento destas comunidades que o corte simbólico nunca ocorreu.

Não cabe neste texto uma discussão sobre a não ocorrência de uma verdadeira fase de controlo extractivista em algumas sociedades e comunidades como a do rio Whanganui (e, em todo o caso, não é claro que exista um quadro teórico coerente e geral), embora se possa presumir como causa a menor exposição a sistemas e modos de produção industriais. Mais relevante, parece-nos ser a constatação que a via da familiaridade não é uma solução para as sociedades entretanto

42 <https://www.legislation.govt.nz/act/public/2017/0007/latest/whole.html>

industrializadas. Note-se que o processo de afastamento entre a Humanidade e a Natureza, durante a revolução industrial, não passou despercebida. Foram vários os movimentos artísticos e filosóficos que procuraram desmontar a ideia de que os progressos científicos traziam necessariamente progresso social e moral. Desde logo, o Romantismo alemão e as obras de Friedrich Schiller (Schiller, 1794) como exemplo óbvio, mas também a proposta de rejeição de artificialismos técnicos de Ruskin e do grupo de pré-Rafaelitas (Wildman, 2023), ou o proto-ambientalismo de Henry Thoreau (Walden, ou A vida nos bosques). Estes exemplos têm em comum a rejeição da Natureza idealizada e cristalizada em símbolos e rituais vazios que já pouco tinham a ver com a vida comum da nascente época industrial. Mas as propostas alternativas de retornar à Natureza resultaram, em geral, em propostas político-sociais agressivamente conservadoras (e.g. Campion 2023) ou, não o sendo, geraram apenas um subtexto de consciência pesada perante os excessos industriais. Falharam, antes de mais, porque se mostravam contra a proposta dominante de modos e relações de produção cujas contradições e perigos ainda não eram evidentes para os elementos da sociedade que mais beneficiavam com esses modos de produção.

Algumas destas propostas subsistem hoje na indústria do *wellness* ou nos desportos radicais ou de Natureza, propostas legítimas, em tese, para ajudar aos esforços de reconexão, mas pouco eficientes quando se trata de re-imaginar a relação das comunidades com rios como os da Figura 1 ou da Figura 17. Na verdade, neste momento, é mais fácil imaginar o cataclismo ambiental, teorizado por exemplo como um conjunto de pontos de não retorno (Planetary Boundaries, Rockström *et al* 2009), que uma relação diferente com as diferentes entidades não-humanas do mundo material (retomando o tema central de Fisher, 2009). Salvo cataclismo, não é credível que a Humanidade possa re-integrar a rede de entes materiais, igual na sua diferença entre os demais. Os actuais modos e relações de produção impedem-no agora como os anteriores modos e relações impediram outras propostas. O “esquecimento”, como proposto por Illich (1985), parece-nos difícil de reverter pelo que as estratégias de reconexão devem ser de outra ordem.

Admitindo que a proximidade física é essencial, o compromisso que nos parece razoável é que a procura de novos modos de conexão entre as comunidades e os seus rios seja feita através da participação activa humana nos processos e ciclos do rio. Os tipos de participação adequada só podem ser estabelecidos por intermédio de um conhecimento mais completo dos processos que operam no espaço-tempo do rio, não-humanos ou humanos. Para uma participação ecologicamente justa é necessário que as comunidades se dotem de um conhecimento profundo do funcionamento dos estratos morfológico, hidrodinâmico, bioquímico, ecológico e económico do rio. Este é um relacionamento, portanto, engendrado e expresso na linguagem da Ciência, nos dialectos de não-cientistas e de cientistas. Daqui não decorre que o rio deva ser um objecto de estudo hiper-escrutinado pelas suas comunidades. O modelo de rio-objecto, medido e controlado, é o que temos e que resulta da fase de mediação ambiental, e o tecto dos seus benefícios para ter sido já atingido.

Pelo contrário, para inaugurar uma verdadeira fase de sustentabilidade, o que se afigura mais eficaz é precisamente diluir a fronteira entre sujeito e objecto e formar um sujeito novo, o Rio, compreendendo todas as entidades do mundo material que nele se relacionam, humanas e não-humanas.

Se os sujeitos humanos se geram nas linguagens das suas comunidades, parece-nos razoável utilizar modelos como o Lacaniano como metáforas para pensar como o sujeito-Rio, com as suas partes humanas e não-humanas, pode surgir nas linguagens das Ciências. Segundo Lacan, o sujeito é estruturado pela articulação entre: o Imaginário, onde se formam o Eu, sempre incompleto e fragmentado; o Simbólico, da ordem da linguagem, que estrutura o Imaginário, que introduz a

leis e as relações entre significantes diferenciais; e o Real, aquilo que resiste à simbolização e marca o limite de qualquer representação.

Em parte, algumas das estruturas existem já para o sujeito-Rio emergente. A mais evidente será o Real. Se para o sujeito pessoa humana, não é a realidade material, para o Rio será precisamente isso mesmo – o conjunto dos processos que ligam todas as entidades do mundo material, impossível de simbolizar na sua totalidade e complexidade. Mas também o Simbólico, que tem vindo a ser construído ao longo das fases de controlo e de mediação ambiental. O que para Illich (1985) é uma perda trágica de carga simbólica talvez possa e tenha que ser encarado de forma mais construtiva – desistimos, de facto, da água como substância simbolicamente carregada de vida e morte, acessível por rituais e mitificada; em seu lugar temos H₂O, a substância passível de ser expressa por modelos de conceitos, tornados operacionais nas várias ciências, incluindo a física e a matemática. O Simbólico, para o emergente sujeito-Rio, será seguramente a estrutura de conceitos e teorias, algumas delas, em particular na hidro-morfologia, articuladas na linguagem formal da matemática. Resta, portanto, o Imaginário. É como se, neste momento, a dimensão do Simbólico não tivesse nada para estruturar, não existe verdadeiramente um Imaginário. Existem métricas e modelos de gestão, mas que não foram engendradas a partir da relação das comunidades com os seus rios.

A falta de conexão e participação não se resolve eliminando ou escondendo a dimensão simbólica proporcionada pela Ciência mas sim formulando um novo Imaginário, gerado pela participação intensa e exploração da rede de relações entre as partes humana e não-humana do sujeito-Rio. Participação intensa não quer dizer, evidentemente, ocupação intensa ou permanência incondicional de humanos em todos os estados; já o afirmámos – os tipos de participação adequada não são pré-determináveis, são estabelecidos enquanto se formula um conhecimento mais completo dos processos que operam no espaço-tempo do rio, não-humanos ou humanos. Na metáfora Lacaniana, isto é a dimensão Simbólica a operar enquanto estruturadora do Imaginário emergente.

O modelo de participação cidadã existente é insuficiente para ambição de gerar um novo Imaginário. O que hoje existe consagrado na lei é uma modelo que procura mais a transparência, a possibilidade de escrutínio dos processos de decisão, que a verdadeira possibilidade de incorporação do sentir das comunidades. Simplificando o *workflow* das intervenções, incluindo a concessão do TUA (Título Único Ambiental), quando este é necessário, o rio, enquanto objecto de intervenção, é interrogado e avaliado por representantes dos agentes interessados (*stakeholders*) e por cientistas. O resultado desse processo, um plano de intervenção, é levado a consulta pública e modificado se se verificaram falhas ou lacunas. A decisão é tomada e, de novo, potencialmente escrutinada pelos cidadãos (Figura 18, topo). A ineficácia está embebida neste processo pela dificuldade que os cidadãos necessariamente experimentam ao procurar avaliar propostas ou decisões formuladas numa linguagem codificada (ainda que não abertamente técnica) nas quais colaboraram pouco nas fases de diagnóstico e instrução.

O modelo de participação inerente ao sujeito-Rio inicia-se com as comunidades. Não se trata apenas de resolver problemas, mas de definir as possibilidades e os limites da fruição do rio. Comunidades locais e *stakeholders* (potencialmente não locais) aprofundam o conhecimento dos processos (físicos, bioquímicos, ecológicos etc.) e definem o espaço de possibilidades da interacção das partes humana e não-humana. O mote da intervenção não é a resolução de problemas concretos mas o contínuo aprofundamento da rede de interacções. A Ciência, como se procura representar na Figura 18, informa, estrutura,

providencia linguagem para o aprofundamento da rede de interações.

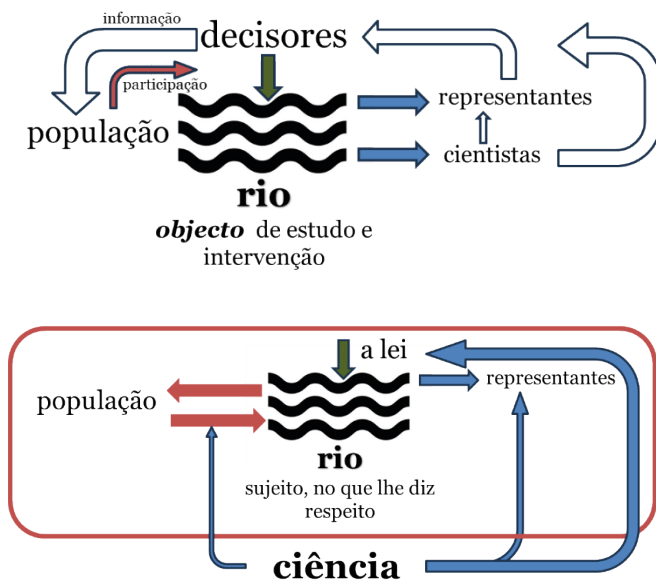


Figura 18. Modelos de participação. Topo: o actual modelo de consulta pública. Base: o modelo inerente ao sujeito-Rio (delimitado pela caixa vermelha). A Ciência providencia a matriz de interpretação do rio e estrutura as formas de inscrever as observações nessa matriz de interpretação.

A responsabilidade da Ciência neste modelo é grande. Mas parece-nos possível que, ao aprofundar o quadro da Ciência Cidadã, essa responsabilidade possa ser assumida. Das versões iniciais que permitiam o enquadramento de cidadãos-sensor em iniciativas de recolha de dados, tem-se evoluído para modos de articulação entre as comunidades e os cientistas. A ciência cidadã pode ser considerada um desafio às formas mais dominantes de fazer, pensar e organizar a ciência. Desde logo, pelo 1º princípio da carta da Associação Europeia de Ciência Cidadã: “Os projetos de ciência cidadã envolvem ativamente os cidadãos nas atividades científicas o que gera novo conhecimento e compreensão. Os cidadãos podem atuar como contribuidores, colaboradores ou como líderes de projetos e assumir um papel significativo no projeto.” (ECSA, 2015). Haverá tensões a ciência cidadã e a ciência institucionalizada que terão que ser abordadas enquanto aquela procura concretizar o seu potencial para apoiar as transições para a sustentabilidade. Articular o princípio da autonomia científica dos cientistas profissionais e a influência dos cidadãos não profissionais, apaziguar as tensões entre satisfazer as métricas de desempenho das instituições académicas e os objetivos menos quantificáveis e mais abrangentes da ciência cidadã (Sauerermann *et al.*, 2020) são desafios monumentais. Todavia, não tem sentido ficar à espera de um desfecho, é precisamente nos casos práticos de aplicação, em que a formação do Rio como sujeito seria um caso paradigmático, que se jogará o futuro desta forma de fazer ciência Austen *et al.* (2024).

Sugerimos, portanto, o aprofundar uma relação entre as comunidades que têm proximidade física aos rios, suscitando novos tipos de proximidade – um novo imaginário a ser codificado e simbolizado na linguagem da Ciência e a inscrever na linguagem. Essa proximidade tem que ser articulada na práxis de interação dos vários componentes de cada sujeito-Rio. Estes terão de dotar-se de alguma burocracia - órgãos plurais compostos das comunidades locais, cientistas, administrações, garantindo continuidade e memória das decisões e intervenções.

Para que este esforço possa ser convertido em acção política com influência na governança, haverá que enquadrar os Rios-sujeito em estruturas e estratégias nacionais. Portugal tem uma estratégia para o Mar⁴³, que envolve o Ministério da Economia e do Mar, a Marinha Portuguesa, a Autoridade Marítima Nacional e várias entidades de governança, incluído a APA, e várias instituições do sistema científico e tecnológico, incluindo o IPMA, LNEC e várias universidades. Portugal tem uma estratégia para as Florestas (actualizada em 2015, pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015⁴⁴), que, coordenada pelo Ministério da Agricultura e Pescas, envolvendo também diversas estruturas de governança do território e sistema científico e tecnológico. Parece-nos razoável que a importância dos rios seja consagrada numa Estratégia Portuguesa para os Rios. Não se trataria de gerir o recurso água, para o qual continuaria a PNA e os planos de bacia, mas sim a valorização do território do rio.

O Estratégia Nacional da Reabilitação de Rios e Ribeiras - EN3r⁴⁵ (APA, 2014), alinhado com a EU Biodiversity Strategy, cuja ambição é o restauro da conectividade de 25000 km de rios europeus antes de 2030 é um passo na direcção correcta. Defendemos que deve ser aprofundado, com o reforço das estruturas de participação das comunidades para que rios cuja renaturalização é impossível possam, ainda assim, ser elementos de agregação simbólica dessas comunidades.

5. Conclusão

“Rios que temos, rios que queremos” é título deste trabalho. Procurámos mostrar que mais que formular a pergunta sobre os rios que queremos, importa desactivá-la, para que a noção implícita de posse não venha a ser um obstáculo à sustentabilidade. Fizemos um exercício teórico em a dicotomia sujeito/objecto é ultrapassada mediante a criação de uma categoria de sujeito-Rio que engloba comunidades ribeirinhas (humanas) e entidades materiais não humanas. Não nos parece fundamental que esse sujeito se torne, na lei, pessoa não-humana. O que é importante é que a dissolução das fronteiras entre sujeito e objecto ocorra num quadro de participação das comunidades humanas, consciente e apoiada num conhecimento profundo dos processos que ocorrem no espaço do rio. Atingir uma verdadeira fase da sustentabilidade é equivalente a conceder que a pergunta “temos os rios que queremos?” não tem resposta, uma vez que os rios serão o que resultar da articulação possível entre todas as partes do sujeito-Rio.

Em termos práticos, julgamos que a transição para a sustentabilidade exige avanços na ciência cidadã, no seio de práticas de participação e democracia que precisam também de ser aperfeiçoadas. A registarem-se estes avanços, será possível

43 <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=estrategia-nacional-para-o-mar-2021-2030>

44 <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/6-b-2015-66432466>

45 https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/Acoes/ContinuidadeFluvial/EN3r_2023.PDF

que se comprem os sete pontos abaixo.

1. Que se crie a figura de sujeito-Rio nos instrumentos de ordenamento, com princípios programáticos que orientam decisões e arbitragens.
2. Que as comunidades se sintam parte do sujeito-Rio, parte do colectivo de seres sencientes e não sencientes (água, sedimentos, flora, fauna, humanos). A comunidade participa como parte constitutiva do sujeito, não como público externo.
3. Que se formem conselhos de curadoria, órgãos plurais formados pelas comunidades locais, cientistas, e entidades da governança da água.
4. Que se articulem os actos dos sujeitos-Rio com o +planeamento dos recursos hídricos por bacias hidrográficas. Os princípios programáticos da gestão das águas do rio serão concretizados nos planos de bacia, articulados com o domínio hídrico público e a legislação vigente. Como contrapartida, a participação das comunidades que integram os sujeitos-Rio terá que ser amplamente reforçada.
5. Que seja reconhecido que o estrato hidromorfológico condiciona os demais: objetivos ecológicos, usos e expressões culturais devem ser compatibilizados com as possibilidades materiais do rio e a avaliação do estado dos rios deve ter em conta explicitamente o as suas condições hidromorfológicas.
6. Que seja reconhecido que conectividade é um objectivo geral e que os desvios a este objectivo devem ser justificados. Devem ser estabelecidas metas claras de conectividade (longitudinal, lateral, vertical), remoção/mitigação de barreiras
7. Que ocorram, a par da ciência como dispositivo de organização do Imaginário, instâncias de consolidação das relações entre as comunidades e as entidades não-humanas. Por exemplo, iniciativas artísticas, história oral, musealização *in situ*.

Não é fácil implementar um processo que obriga a repensar os rios fora dos enquadramentos recurso hídrico ou fonte passiva de bem-estar. É necessário que se formem comunidades dispostas a despende tempo, coordenar esforços e a usar a imaginação, numa época em que o individualismo é incentivado, o tempo escasseia e a imaginação é condicionada pela ubiquidade do digital. Não será, para já, prioridade. Mas fica o aviso da historiadora Bahvani Raman: “Antes de morrerem, as paisagens são suprimidas na imaginação”⁴⁶.

Agradecimentos

As autoras e os autores agradecem a todas e todos com quem tiveram a oportunidade de conversar acerca das múltiplas dimensões dos rios. Agradecem ainda aos próprios rios a paciência sobre a qual escreve T.S. Elliot (“Unhonoured, unpropitiated; By worshippers of the machine, but waiting, watching and waiting”, *The Dry Salvages*, nº3 de Four Quartets)

Rui Ferreira e Ana Margarida Ricardo agradecem o financiamento que tem permitido uma ligação mais forte aos rios Sorraia, Jamor e Alviela, nomeadamente pelos projectos DT4Rivers, COMPETE2030-FEDER-00760800, financiado pela FCT, e TRAP

46 “Before landscapes die, they first vanish in the imagination”. Bahvani Raman. *The Curious Disappearance of the Ennore Creek*. Revista *The Wire*, Novembro de 2017

- Transforming Rivers by Reducing Aquatic Plastic Pollution, EPA_0122/2024, financiado pelo programa Interreg Atlantic Area, co-financiado pela União Europeia.

Conflitos de interesses

Os autores declaram não existirem conflitos de interesses relacionados com este trabalho.

Referências bibliográficas

Duarte, A. (2017). O uso da água na agricultura em Portugal-parte I-evolução da agricultura de regadio; aspetos sociais e institucionais. *Egitania Scientia*, 1(20), 7-28.

United Nations World Commission on Environment and Development (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. 300 pp. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (assessed 12th December 2022)

Alves, M. H., Cypriano, M., & Ferreira, M. T. (2012) Estado das Massas de Água na Área de Jurisdição da Administração de Região Hidrográfica do Tejo. 11º Congresso da Água, 6 a 8 de Fevereiro, Porto.

Tomas, N. (2011) Māori Concepts of Rangatiratanga, Kaitiakitanga, the Environment, and Property Rights in David Grinlinton and Prue Taylor (eds), Property Rights and Sustainability (Nijhoff 2011) 219, 222 – 223.

Viveiros de Castro, E. (2013). Some Reflections on the Notion of Species in History and Anthropology. Trans. F. Santos Soares de Freitas, Z. Tortorici. e-misférica, 10(1). <https://hemisphericinstitute.org/en/emisferica-101/10-1-essays/eduardo-viveirosde-castro-some-reflections-on-the-notion-of-species.html> [accessed: 16th December 2024].

Lévi-Strauss, C. (1969). The Elementary Structures of Kinship. Trans. J.R. Von Sturmer, J.H. Bell, R. Needham. Boston: Beacon Press

Löwy, M., & Sayre, R. (2002). Romanticism against the Tide of Modernity. Duke University Press.

Delicado, A. & Rowland, J. (2024). 50 anos de construção de uma democracia participativa em matérias ambientais. In: Truninger, M., Falanga, R., Mourato, J. M., Schmidt, L & Oliveira, R. (org.) 50 Anos de Abril: questões ambientais, sociais e territoriais, pp. 199-218. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais. ISBN: 9789726718048

Turner, Victor. 1969. The Ritual Process. Structure and Anti-Structure. New Brunswick: Aldine Transactions.

Thoreau, H. D. (2020). *Walden, ou A vida nos bosques*. EDIPRO.

Sharma, B. S. (2012). Anthropomorphism of river Narmada: A cultural study of a river sutra. The Criterion: An International Journal in English, 3, pp 2-11.

Burkert, Walter (1992). The orientalizing revolution : Near Eastern influence on Greek culture in the early archaic age. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. ISBN 978-0-674-64363-5.

Graves, R. (1960). The Greek Myths. Penguin Classics Deluxe Edition, 2012. Penguin. Kerényi, K. (1951). *The gods of the Greeks*. Hauraki Publishing, 2016.

- Bachelard, G. (1942) *L'Eau et les Rêves: Essai sur l'imagination de la matière*. Paris: Editions José Corti.
- Eliade, M. (1958). The Prestige of the cosmogonic myth. *Diogenes*, 6(23), 1-13. English Version Eliade, M. and Halperin, E.P. (2014) in *Philosophy, Religious Studies, and Myth* (pp. 129-141) <https://doi.org/10.1177/03921921580060230>
- Lewis, M.E. (2006) *The Flood Myths of Early China*. SUNY series in Chinese philosophy and culture. State University of New York Press, Albany. ISBN:0-7914-6663-9.
- Bachelard, G. (1964). *The poetics of space*. Boston: Beacon Press (Translation of the 1st French edition of 1958).
- Ingold, T. (2000). *The perception of the environment: essays on livelihood, dwelling and skill*. Routledge.
- Strang, V. (2004) *The Meaning of Water*. 1st Edition, Routledge
- Witzel, M. (2015). Water in mythology. *Daedalus*, 144(3), 18-26. doi:10.1162/DAED_a_00338
- Whitley, D. S. (2024). Ontological beliefs and hunter–gatherer ritual landscapes: Native Californian Examples. *Religions*, 15(1), 123.
- Turner, V. (1969). *The ritual process: Structure and anti-structure*. Cornell Paperbacks. Cornell University Press.
- Ingold, T. (1995). Building, dwelling, living: how animals and people make themselves at home in the world. In *Shifting contexts* (pp. 57-80), 1st edition. Routledge.
- Viveiros de Castro, E. (1996). "Os Pronomes Cosmológicos e o Perspectivismo Ameríndio". *Mana*, 2(2):115-144
- Scott, J.C. (2017) *Against the grain: A deep history of the earliest states*. Yale University Press.
- Descola, P. (2006). Beyond nature and culture. In *Proceedings-British Academy* (Vol. 139, p. 137). Oxford University Press Inc.
- Ingold, T. (2002). Culture and the perception of the environment. In *Bush base, forest farm* (pp. 38-56). Routledge.
- Brenner, R. (1976). Agrarian class structure and economic development in pre-industrial Europe. *Past & present*, 70(1), 30-75. <https://www.jstor.org/stable/650630>
- Mumford, L. (1934) *Technics and Civilization*. University of Chicago Press, edition 2010. ISBN-13: 978-0-226-55027-5
- Latour, B. (1991) *We have never been Modern*. Harvard University Press (translation 1993). ISBN: 0-674-94838-6,
- Scott, J.C. (1998) *Seeing Like a State*. How certain schemes to improve the human condition have failed. Yale Agrarian Studies, Yale University Press.
- Illich, I. (1985). *H2O and the Waters of Forgetfulness*. Dallas Institute of Humanities and Culture. ISBN 978-0-911005-06-6
- Ellen, R. e Fukui, K. (1996) *Redefining Nature: Ecology, Culture and Domestication*. Routledge. ISBN-13: 978-1-8587-3135
- Ellen, R. (2021). *Nature wars: Essays around a contested concept* (Vol. 27). Berghahn Books.
- Ellen, R. (2020) *Nature Wars: Essays Around a Contested Concept* (2020), Ellen
- Reed, G., Brunet, N. D., McGregor, D., Scurr, C., Sadik, T., Lavigne, J., & Longboat, S. (2024). There is no word for 'nature'

in our language: rethinking nature-based solutions from the perspective of Indigenous Peoples located in Canada. *Climatic Change*, 177(2), 32. <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03682-w>

Macé, A. (2013) *L'Invention de la Nature en Grèce ancienne*. Etudes classiques. Université Paris Sorbonne, Paris IV.

Kahn, C. H. (1979). *The art and thought of Heraclitus: a new arrangement and translation of the Fragments with literary and philosophical commentary*. Cambridge University Press.

Haraway, D.J. (2008) *When species meet*. University of Minnesota Press. ISBN: 978-0-8166-5045-3

Blackbourn, D. (2007). *The Conquest of Nature: Water, Landscape, and the Making of Modern Germany*. W. W. Norton. ISBN 9781448114214. OCLC 1004572145

Hirt, P. W. (2012). *The Wired Southwest: The Hoover Dam and the Shaping of the American West*. University Press of Kansas.

Saraiva, M. G. (1999). *O Rio como Paisagem: Gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território*. Lisboa: Fundação Calouste Glubenkian, Fundação para a Ciência e Tecnologia, 1999. ISBN 972-31-0831-5.

Wittfogel, K.A. (1957) *Oriental Despotism: A Comparative Study of Total Power*. New Haven: Yale University Press; London: Oxford University Press. PP. xix, 556.

Worster, D. (1985). *Rivers of empire: Water, aridity, and the growth of the American West*. Oxford University Press. ISBN: 0-19-507806-3

Swyngedouw, E. (1999). Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish waterscape, 1890–1930. *Annals of the association of American Geographers*, 89(3), 443–465. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00157>

Cioc, M. (2002). *The Rhine: An Eco-Biography, 1815–2000*. University of Washington Press.

Baake, K. and Kaempf, C. (2011). No Longer “Bullying the Rhine:” Giving Narrative a Place in Flood Management. *Environmental Communication*, 5(4), 428–446. <https://doi.org/10.1080/17524032.2011.610807>

Musall, H. *PfalzAtlas, Map I/14: The Rhine plain between Speyer and Worms II*. Edited by Heinz Musall.

Musall, H. (1969) *Die Entwicklung der Kulturlandschaft der Rheinniederung zwischen Karlsruhe und Speyer vom Ende des 16. bis zum Ende des 19. Jahrhunderts*. Heidelberg: Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg, 1969.

Barry, J. M. (1997). *Rising Tide: The Great Mississippi Flood of 1927 and How It Changed America*. Simon & Schuster.

Smith, L. M., & Winkley, B. R. (1996). The response of the Lower Mississippi River to river engineering. *Engineering Geology*, 45, 433–455.

Pearcy, M. T. (1996). *A history of the Mississippi River Commission, 1879-1928: from levees-only to a comprehensive program of flood control for the Lower Mississippi Valley*. PhD Thesis, University of North Texas.

Fisk, H. N. (1944). *Geological Investigation of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River*. U.S. Army Corps of Engineers.

Remo J.W.F., Pinter N., Heine R (2009) The use of retro- and scenario-modeling to assess effects of 100 + years river of engineering and land-cover change on Middle and Lower Mississippi River flood stages. *Journal of Hydrology* 376:403–416. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.07.049

Pinter, N.; Jemberie A.A.; Remo, J.W.F.; Heine, R.A. and Ickes, B.A. (2010) Empirical modeling of hydrologic response to river engineering, Mississippi and Lower Missouri Rivers. *River Research and Applications* 26:546–571. doi:10.1002/rra.1269.

Kesel, R. H. (2003). Human modifications to the sediment regime of the Lower Mississippi River flood plain. *Geomorphology*, 56, 325–334.

Reuss, M. (1998) *Designing the Bayous: The Control of Water in the Atchafalaya Basin, 1800–1995*. Alexandria, VA: U.S. Army Corps of Engineers, Office of History.

Mónica, M. F. (1999). *Fontes Pereira de Melo* 2 ed. Porto: Edições Afrontamento. ISBN 972-36-0476-09–789892—337906

Lobo, A. S. S. Costa (1903) *História da Sociedade em Portugal no Século XV*. Edições Rolim, Lisboa, 1984, fac-simile da primeira edição, Imprensa Nacional.

Quintela, A.C. (1986) *O Mondego na Hidráulica Fluvial portuguesa até ao Século XX. História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal, II Volume*. Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa.

Ferreira, F. S. (1991) *O Baixo Mondego Sem Projecto e Com Projecto*. in Semente, nº 3, Tipave, Aveiro, pp. 26-34.

Coelho, M. H. da Cruz (1983) *O Baixo Mondego nos Finais da Idade Média. Estudo de História Rural*, Faculdade de Letras, 2 volumes, Coimbra.

Quintela, A.C. (2016) *Estêvão Cabral 1734-1811. Recursos Hídricos*. Volume 37, Nº 1.

Campelo, A. (2010) *das hidráulicas aos recursos hídricos: história, sociedade e saber*. ARH do Norte, I.P.

Serra, P.C. (2016) *Políticas Públicas da Água*. In *Políticas Públicas da Água* APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. ISBN 978-989-8509-16-1

Freire, D. (2014) *Entre sequeiro e regadio. Políticas públicas e modernização da agricultura em Portugal (século XX)*. In XIV Congressode Historia Agraria (pp. 1-14).Badajoz: Universidad Badajoz / SEH

APRH (2011) *A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas. Actualidade e Desafios Futuros – Volume 1*. APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos ISBN: 978-989-8509-05-5

MARN (1993) *Aproveitamento Hidráulico do Mondego. Relatório da Direcção de Serviços de Avaliação e Apoio Técnico*.

Cunha, P. P. (2002). Vulnerabilidade e risco resultante da ocupação de uma planície aluvial-o exemplo das cheias do rio Mondego (Portugal central), no Inverno de 2000/2001. *Territorium*, (9), 13-35.

Merrit, R. (1984) *The Corps, the Environment, and the Upper Mississippi River Basin*. ASCE Historical Division. Environmental History series.

Jans, J.H.; Vedder, H.H.B. (2024) *European Environmental Law*. 5th Edition. Europa Law Publishing. ISBN: 9789462513358

- Schoenefeld, J. J., & Jordan, A. J. (2019). Environmental policy evaluation in the EU: between learning, accountability, and political opportunities? *Environmental Politics*, 28(2), 365–384. <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1549782>
- Veiga da Cunha, L. (1974) *Fundamentos de uma Nova Política de Gestão das Águas em Portugal*. Ministério das Obras Públicas, Lisboa
- Campion, K. (2023). Defining ecofascism: Historical foundations and contemporary interpretations in the extreme right. *Terrorism and political violence*, 35(4), 926-944. <https://doi.org/10.1080/09546553.2021.1987895>© 2021 Taylor & Francis
- Sanders, K. (2017) 'Beyond Human Ownership'? Property, Power and Legal Personality for Nature in Aotearoa New Zealand. *Journal of Environmental Law*, Volume 30, Issue 2, July 2018, Pages 207–234, <https://doi.org/10.1093/jel/eqx029>
- Charpleix, L. (2018). The Whanganui River as Te Awa Tupua: Place-based law in a legally pluralistic society. *The Geographical Journal*, 184(1), 19-30.
- Schiller, F. (1794). *On the Aesthetic Education of Man in a Series of Letters*. Edited and Translated with an Introduction and Commentary by E. M. Wilkinson and L. A. Willoughby. Oxford: Oxford University Press.
- Wildman, S. (2023) *A New and Noble School: Ruskin and the Pre-Raphaelites. The complete works of Ruskin on the Pre-Raphaelites*. Pallas Athene ISBN-13 : 978-1843680864
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2). : <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Fisher, M. (2009). *Capitalist realism: Is there no alternative?*. John Hunt Publishing. ISBN 9781846943171
- ECSCA (European Citizen Science Association). 2015. *Ten Principles of Citizen Science*. Berlin. <http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>
- Sauermann, H., Vohland, K., Antoniou, V., Balázs, B., Göbel, C., Karatzas, K., ... & Winter, S. (2020). Citizen science and sustainability transitions. *Research Policy*, 49(5), 103978. <https://doi.org/10.1002/pan3.10614>
- Austen, K., Janssen, A., Wittmayer, J. M., & Hölker, F. (2024). The potential of citizen science to transform science: Lessons for a sustainable future. *People and Nature*, 6(2), 435-445. DOI: 10.1002/pan3.10614

CAPÍTULO 9

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO NORTE



RECURSOS HÍDRICOS – REGIÃO NORTE

Paulo Rosa Santos^{1,3}, Alexandra Roegeer², Cristina Calheiros³, Eduardo Vivas⁴,
Gabriel Silva⁵, João Mamede⁶, Hugo Lopes⁷ e Rui Cortes⁸

¹ Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)

² Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, E.M. (AGERE)

³ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto (CIIMAR)

⁴ Aquaurb Engenharia – Consultoria para a sustentabilidade e resiliência do ciclo urbano da água

⁵ Águas do Douro e Paiva

⁶ Administração da Região Hidrográfica do Norte

⁷ Administração dos Portos do Douro Leixões e Viana do Castelo, SA (APDL)

⁸ CITAB - Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

1. Introdução

A Região Norte de Portugal apresenta uma diversidade geográfica que inclui montanhas, vales fluviais e zonas costeiras, todas expostas a diferentes riscos climáticos. O aumento das temperaturas médias, a mudanças nos padrões de precipitação e a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos são ameaças significativas. Estas mudanças afetam setores críticos, tais como a agricultura e a indústria, mas também os recursos hídricos, a biodiversidade e as infraestruturas urbanas. A adaptação às alterações climáticas é fulcral em Portugal, sobretudo na região Norte, devido à sua vulnerabilidade a fenómenos extremos. Com efeito, esta região enfrenta desafios climáticos crescentes, que se traduzem, por exemplo, em secas, ondas de calor, incêndios e inundações. Nas zonas costeiras destacam-se o agravamento dos problemas de erosão, com a progressiva perda de território para o mar, assim como o aumento dos riscos de galgamento e inundação costeira. Dada a importância estratégica da região para o país, quer seja em termos económicos, ambientais ou sociais, a adaptação climática tornou-se uma prioridade nas políticas públicas e nos esforços de planeamento e ordenamento territorial.

Neste capítulo, o Núcleo Regional do Norte da APRH apresenta o “Estado da Arte” dos Recursos Hídricos na região Norte de Portugal, onde se destacam as principais ameaças e desafios da atualidade, mas também se apresentam as oportunidades a explorar. Além disso, e sempre que possível, são também discutidas as perspetivas futuras e o contexto nacional e internacional. Sendo impossível ser exaustivo na análise, a abrangência e profundidade do trabalho produzido beneficiou muito da multidisciplinaridade e complementaridade de valências e de experiência dos órgãos sociais do Núcleo Regional do Norte da APRH.

2. Enquadramento: contexto climático e vulnerabilidades

A Região Norte é conhecida por ser das regiões mais húmidas do país e assim parece que continuará a ser. Porém, existem duas realidades muito distintas: o litoral, mais húmido e ameno, e o interior, mais seco e com extremos de temperatura mais acentuados. Os dados e estudos mais recentes parecem apontar para uma redução global das disponibilidades, bem como para a intensificação dos eventos mais extremos, tal como no resto do país. Assim, no interior, a seca e escassez constituem consideráveis fatores de ameaça. Por outro lado, deverão ser destacados, também, os eventos de precipitação intensa, de

curta duração, em especial no litoral, que, para além de reduzirem as disponibilidades globais, pois não constituem água “armazenável”, poderão provocar cheias e inundações.

Os desafios colocados pelas alterações climáticas levaram Portugal a criar um conjunto de instrumentos destinados a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, a reforçar a capacidade de sequestro de carbono e a adaptar o país aos seus impactos. Estes instrumentos, abrangendo as dimensões da mitigação e adaptação, procuram integrar o tema das alterações climáticas nas diversas políticas setoriais, promovendo a capacitação e a responsabilização dos diferentes setores para o cumprimento das metas estabelecidas. Alguns dos planos e estratégias de Portugal para enfrentar as alterações climáticas incluem a Lei de Bases do Ambiente, o Plano Nacional de Energia e do Clima (PNEC), o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P-3AC), o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, e a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC).

A Estratégia Nacional para o Mar 2021-2030¹, que estabelece o rumo para a política pública do mar, centra-se em 10 objetivos específicos, onde se incluem o combate às alterações climáticas, a descarbonização da economia nacional e a promoção das energias renováveis marinhas. Pretende-se assim estimular o desenvolvimento tecnológico e a inovação azul. Esse instrumento promove a proteção do Oceano e a valorização dos serviços dos ecossistemas. Os seus princípios orientadores estão alinhados com a Agenda 2030 das Nações Unidas, o Pacto Ecológico Europeu, a Política Marítima Integrada da UE, a Estratégia de Biodiversidade 2030, o plano REPowerEU, entre outros.

3. Fenómenos extremos e a resiliência hídrica da Região Norte

3.1 Gestão de secas e escassez

A seca, enquanto redução transitória das condições de precipitação, corresponde a um fenómeno natural, de origem meteorológica, que sucede com alguma regularidade. Como tal, é impossível ser evitada e os seus efeitos serão tanto mais gravosos quanto mais intensa for a dependência e utilização da água na região afetada. Os principais cenários de evolução do clima para a Região Norte² perspetivam, até ao final do séc. XXI, um aumento do número de dias, por ano, sem ocorrência de precipitação (até mais de 11%), assim como um aumento bastante significativo (até mais de 40%) da duração máxima expectável de períodos sem precipitação.

Por sua vez, a vulnerabilidade à seca de uma dada região está diretamente relacionada com a influência humana nos recursos hídricos, nomeadamente com o nível de utilizações, face às disponibilidades. Importa, assim, mencionar o estudo de *“Avaliação das disponibilidades hídricas por massa de água e aplicação do Índice de Escassez WEI+, visando complementar a avaliação do estado das massas de água”*³ que serviu de suporte ao 3º ciclo dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (2022-27). Com base nesse estudo, é possível retirar algumas conclusões relevantes para o futuro, nomeadamente, ao nível das disponibilidades naturais:

¹ A Estratégia Nacional para o Mar 2030 e Plano de Ação podem ser consultados em: www.dgpm.mm.gov.pt/enm-21-30

² PORTAL DO CLIMA

³ t19087_Disponibilidades_WEI+_RF

- As disponibilidades hídricas têm vindo a reduzir nas últimas décadas, prevendo-se que, mesmo na região Norte, se atinja mais de 20% de redução face ao século XX;
- Nas bacias hidrográficas internacionais, os caudais de Espanha poderão ter uma expressão ainda mais significativa, pois é expectável uma maior redução das disponibilidades no lado português.

Igualmente, o índice WEI+, que relaciona, por bacia hidrográfica, os consumos de água existentes com os recursos renováveis disponíveis, mostra que a região Norte já ultrapassa os 30%, de forma global, com algumas sub-bacias (*e.g.*, Ave, Leça ou Côa), a ultrapassarem os 50%, em média, de utilização dos recursos renováveis disponíveis. Assim, a gestão de secas na região Norte, como nas demais regiões, deverá ser enquadrada no âmbito de uma análise e gestão de risco, devidamente moldada às vulnerabilidades. De facto, a ocorrência de impactos decorrentes de seca depende do tipo de utilizações, das origens de água existentes e até das características socioeconómicas da região, não sendo por isso suficiente uma avaliação com base em índices em que a precipitação é a principal componente^{4,5}.

Os dados disponíveis para a situação de seca mais recente⁶ (ano hidrológico 2021/2022), mostram a existência de impactos significativos, na região Norte, a nível agrícola (com quebras de produção significativas), mas também a nível do abastecimento público. De facto, verificou-se, nesta região e, em particular, no interior, a maior incidência nacional de abastecimentos por autotanque, bem como a maior redução de volumes armazenados em albufeiras com captação para consumo humano. De facto, a região Norte, no final desse ano, era a que apresentava o maior número de situações críticas ao nível do volume de água armazenado para este fim, estando já muito próximos ou mesmo no limite de exploração.

A este nível importa salientar a existência, desde 2017, de um Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca⁷, de âmbito Nacional, que aponta precisamente no sentido de considerar uma conjugação de indicadores que reflitam as tipologias de origens de água existentes, para as diferentes utilizações, embora ainda não seja efetuada, de forma sistemática e consolidada, uma previsão/avaliação de impactos, por exemplo, tendo em conta o balanço entre disponibilidades e necessidades. Ainda assim, salientava-se já, nesse documento, a necessidade de desenvolver planos mais específicos, complementares, de âmbito regional (*e.g.*, Planos de Gestão de Secas e Escassez⁸) e setorial (*e.g.*, planos de contingência), que possibilitem uma melhor adequação das medidas a adotar em cada região ou setor, mas que, atualmente, ainda não estão plenamente desenvolvidos.

⁴ Vivas, E. (2011). Avaliação e Gestão de Situações de Seca e Escassez. Aplicação ao caso do Guadiana, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

⁵ Vivas, E. (2014). Métodos de avaliação de secas para apoio à gestão de recursos hídricos, Revista Recursos Hídricos, 35, 2,89-97. APRH, ISSN 0870-1741/DOI 10.5894/rh35n2-8

⁶ Relatório_Monitorização_Setembro_2022.pdf

⁷ Plano de Prevenção, Monitorização e Contingência para Situações de Seca | Agência Portuguesa do Ambiente (apambiente.pt)

⁸ Planos de Gestão de Seca e Escassez | Agência Portuguesa do Ambiente

3.2 Eventos de precipitação intensa

Os Planos de Gestão de Risco de Inundações (PGRI)⁹ têm como principal objetivo a redução do risco de inundações por implementação de um programa de medidas que visa a minimização das consequências para a população, o ambiente, as atividades económicas e o património, de acordo com as características de cada Região Hidrográfica. Nas versões finais dos PGRI do 2º ciclo de planeamento, concluído em abril de 2024, é possível verificar que, nas regiões hidrográficas da Região Norte (*i.e.*, RH1, 2 e 3), os últimos 15 anos foram marcados por anos com precipitação anual abaixo da média, ou mesmo muito secos. No entanto, em igual período, verificou-se um número significativo de eventos de inundação em municípios dessas RH, reforçando a relevância de fenómenos, relativamente localizados, de precipitação intensa. Saliente-se ainda que quase 20% de todos os eventos de inundação ocorridos no período de 2011 a 2018 se concentram nas RH1 (Minho e Lima) e RH2 (Cávado, Ave e Leça), embora estas duas regiões representem menos de 7% da área de Portugal Continental.

No futuro, de forma similar ao analisado para as situações de seca e escassez, nos principais cenários de evolução do clima¹⁰, para a região Norte, perspetiva-se um agravamento destes fenómenos até ao final do séc. XXI, com aumento da mediana de precipitação máxima acumulada em 5 dias (até cerca de 8%, no período de inverno) e, eventualmente, uma duplicação do nº de dias com precipitação superior a 50 mm (também no período de inverno). Importa referir que, no âmbito dos PGRI, são já identificadas as áreas de risco potencial significativo de inundação (ARPSI), bem como um conjunto de medidas para diminuição do risco de inundação, seja de origem fluvial, ou de origem costeira, tendo em conta as especificidades desses territórios. Saliente-se, ainda, que, no 2º ciclo, foi revisto o critério de identificação das áreas de risco potencial significativo, de modo a incluir os impactos segundo os quatro recetores da Diretiva das Inundações¹¹ (população, atividades económicas, ambiente e património classificado) e, assim, ter uma melhor caracterização do fenómeno.

Não obstante, será bastante importante aprofundar a avaliação dos impactos, menos imediatos, mas igualmente relevantes, que este tipo de situações pode ter na degradação da qualidade das massas de água, na linha, inclusive, do que é destacado por uma diretiva comunitária recentemente aprovada¹². Esta questão surge pelo inevitável arrastamento de cargas poluentes no escoamento pluvial, pela potencial inundação de infraestruturas críticas, como ETARs, ou pela entrada em carga dos sistemas de drenagem, com possível ocorrência de descargas não controladas para os meios recetores.

3.3 Resiliência hídrica dos sistemas

Apesar do trabalho bastante relevante já desenvolvido, em especial ao nível das cheias e das inundações, será importante um maior reforço da resiliência hídrica da região Norte aos fenómenos extremos, inclusive pela perspetiva de agravamento futuro da situação. Desde logo, deverão ser melhorados os níveis de monitorização e de previsão, bem como promover a

⁹ Planos de Gestão dos Riscos de Inundações | Agência Portuguesa do Ambiente

¹⁰ PORTAL DO CLIMA

¹¹ Diretiva - 2007/60 - EN - EUR-Lex

¹² Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de novembro de 2024, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas, (reformulação) (Texto relevante para efeitos do EEE)

melhoria contínua na preparação e planeamento para a gestão específica cheias e secas. Saliente-se, porém, que, além do planeamento a nível regional integrando, na gestão de secas, as diversas origens de água e setores utilizadores e, nas cheias e inundações, a escala das bacias hidrográficas, é fundamental não descuidar o necessário reforço da resiliência à escala dos sistemas urbanos.

De facto, nos sistemas de abastecimento, a preparação de contingência deve ser fundada numa prévia avaliação da situação atual, desde as origens, aos consumidores, salientando os principais pontos críticos de cada sistema e os diferentes cenários que poderão verificar-se em situação de seca. Esta avaliação é imprescindível à adequada definição e sistematização da tipologia de resposta, enquadrando não só a vertente organizacional, mas também a identificação e definição de medidas adequadas e procedimentos a adotar.

Por outro lado, na gestão de cheias e inundações, será cada vez mais relevante a promoção de uma gestão integrada da drenagem pluvial, nomeadamente em meio urbano. De facto, será fundamental promover uma visão holística e congregar a definição de medidas em diversas áreas, desde o planeamento do território e ocupação do solo, à integração das linhas de água e da drenagem natural em meio urbano, passando, igualmente, por uma melhor gestão e controlo dos sistemas de drenagem de águas pluviais e, também, de águas residuais. Neste ponto, será de particular importância a identificação e avaliação dos pontos de especial vulnerabilidade dos sistemas de drenagem, possibilitando a adoção de medidas que minimizem os possíveis impactos associados, por exemplo, à entrada em carga destes sistemas e à eventual ocorrência de extravasamentos.

4. Serviços de águas

Em Portugal, o sector da água desenvolveu-se fortemente nas últimas três décadas, tirando partido dos apoios financeiros europeus, o que levou a um grande aumento das infraestruturas de saneamento básico - construídas ou reabilitadas - e a uma clara melhoria dos serviços. A região norte seguiu esta rápida evolução, em linha com o que se verificou no restante território nacional.

Esta melhoria significativa do sector, reconhecida até internacionalmente, viu-se também reforçada pela criação de uma regulação independente e pela evolução do quadro legislativo envolvente, pelo que se pode considerar que o país está atualmente alinhado com o conjunto dos países desenvolvidos, o que não significa, porém, que o desenvolvimento necessário tenha sido totalmente alcançado. Há muito a fazer e um vasto conjunto de atividades ligadas à água está ainda em condições embrionárias ou em distintas fases de implementação (*e.g.*, eficiência das entidades gestoras do setor, resiliência das infraestruturas, capacidade de adaptação aos impactos das alterações climáticas, gestão dos ativos incorporando adequadas metodologias de tomada de decisão com fundamento na gestão do risco, eficiência energética).

Note-se que uma vasta quantidade de património que foi colocado em estado novo no espaço de poucos anos (tendo sido construído de raiz ou reabilitado para um nível de serviço adequado) gera uma complexidade que deve ser tida em conta pelas entidades gestoras responsáveis pela sua gestão - operando e mantendo as infraestruturas de forma a dar garantia da prestação dos serviços. Note-se que, devido à rápida modernização das infraestruturas do setor atrás referida, as necessidades futuras de substituição de ativos com degradação mais rápida (*e.g.*, equipamentos elétricos e eletromecânicos) tenderão a ocorrer com um elevado grau de simultaneidade, em períodos de poucos anos. Se não se

acautelar essa situação, planeando atempadamente os investimentos futuros, tal situação irá gerar uma concentração de gastos de substituição, que desta vez não beneficiará de apoios europeus que estiveram disponíveis na grande beneficiação que o setor teve. Por outras palavras, é provável que no futuro se verifiquem novos momentos concentrados no tempo de investimento intensivo para substituir e/ou reabilitar o que muitas entidades gestoras construíram ou restauraram.

A gestão das infraestruturas de abastecimento de água, águas residuais e pluviais (estas duas últimas por vezes com partes comuns) tem claramente uma relação muito forte com a qualidade de vida dos seres humanos. Por isso, é particularmente importante que o sector investigue metodologias eficientes e desenvolva abordagens inovadoras para dotar as empresas de ferramentas e técnicas mais adequadas, num quadro de contenção de custos, sendo ainda de relevar que as despesas com recursos humanos e energia são usualmente as mais importantes. Isso também significa que são as mais pressionadas para reduzir gastos.

Nas três décadas referidas, o abastecimento de água para consumo humano, em Portugal, registou uma evolução mais rápida do que o saneamento de águas residuais. A cobertura do serviço de drenagem e tratamento de águas residuais, em 2021, era de apenas 86%. O objetivo definido para 2013, no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2007/2013 (PEAASAR II), de dotar 90% da população com rede de drenagem e tratamento de águas residuais, continua por atingir. Aqui, importa realçar o serviço fundamental prestado pelos sistemas de drenagem urbana para a saúde pública, o bem-estar das populações e a preservação do ambiente. Nesse contexto, a nova diretiva comunitária das águas residuais urbanas considera um conjunto de poluentes emergentes, impondo melhorias nos processos de tratamento. Isto acarretará a necessidade de investimentos significativos, que as entidades gestoras terão de fazer, para adaptarem as suas infraestruturas às obrigações que lhes serão colocadas.

Relativamente ao serviço de abastecimento de água, é de salientar que a qualidade do serviço já atingiu níveis muito bons, com a taxa de cobertura a situar-se nos 97%, em 2021. Ainda assim, existe ainda potencial de melhoria, dado que no mesmo ano a taxa de adesão ao serviço era ainda de 88,9%. Além disso, o subsector do abastecimento de água em Portugal enfrenta problemas semelhantes aos descritos para o saneamento de águas residuais, nomeadamente no que diz respeito à necessidade de melhorar a resiliência das infraestruturas, de uma gestão rigorosa dos ativos e de um enfoque na sustentabilidade dos sistemas.

De referir ainda que, um aspeto que continua por resolver é o problema da falta de articulação entre a gestão das águas pluviais, geralmente separada da gestão do saneamento das águas residuais e do abastecimento de água. Face à proximidade entre os sistemas de águas pluviais e de saneamento (muitas vezes interligados e sem possibilidade de serem completamente separados), bem como aos desafios colocados, em termos de novas origens de água, pelas alterações climáticas e pela pressão humana sobre o meio ambiente, aquela falta de articulação não é favorável à necessária melhoria que se impõe à gestão dos referidos sistemas. Este é mais um dos desafios que se colocam aos profissionais do mundo da água, que acaba por envolver as questões ligadas à reutilização de águas residuais tratadas, ao aproveitamento de água da chuva e à gestão de cheias e de secas.

5. Qualidade dos ecossistemas aquáticos: dinâmica agroflorestal nas bacias hidrográficas e pressões sobre o meio aquático

5.1 Estado das massas de água e sua importância para a gestão

A monitorização do Estado Ecológico das massas de água é essencial para a gestão da rede hidrográfica, no sentido em que fornece informação sobre a eficácia do Programa de Medidas dos Planos de Região Hidrográfica (PGRH) e o cumprimento das metas definidas na Diretiva Quadro da Água (DQA). Comparando o 2.º com o 3.º ciclo de planeamento do PGRH, é de realçar que houve uma redução assinalável das massas de água superficiais classificadas com estado global bom ou superior. Assim, para as regiões hidrográficas RH1, RH2 e RH3, as massas de água com classificação do estado ecológico global de bom ou superior passou, respetivamente, de 68, 54, 62% para 65, 49, 52%, com descida mais significativa a ser observada na Bacia Hidrográfica do Douro (RH3). No que diz respeito às águas subterrâneas verifica-se, paralelamente, uma diminuição generalizada e significativa das massas de água subterrâneas, a nível nacional, com estado global bom, em todas as RH, com exceção da do Minho e Lima (RH1) e do Douro (RH3), que mantiveram o valor relativamente ao ciclo anterior.

As causas apresentadas pelas entidades oficiais relativamente à degradação verificada são diversas e residem na atualização dos sistemas de classificação das massas de água, nomeadamente por terem passado a incluir um maior número de elementos biológicos, bem como pela conclusão dos exercícios de intercalibração, a par da adoção de limiares e normas mais restritivos. Todavia, tais razões podem não justificar, inteiramente, a situação reportada. Uma das razões poderá estar associada à baixa execução financeira do Programa de Medidas (*e.g.*, 57% na RH3), do que resulta que diversas medidas, total ou parcialmente, passaram do 2º para o 3º ciclo de planeamento dos PGRH. No entanto, o investimento previsto para o 3º ciclo, ou seja até 2027, é significativamente inferior ao do 2º ciclo. Importa relevar que, dado que apenas um número reduzido das medidas previstas nos PGRH serão responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), ficando a execução da maioria entregue a entidades gestoras, câmaras municipais, empresas agroindustriais e proprietários ou concessionários de barragens. Este contexto implica uma melhor coordenação entre todas estas entidades, até porque o financiamento é, na maioria dos casos, exterior à APA.

Os principais fatores que impactam negativamente os ecossistemas aquáticos da região Norte são a poluição de nutrientes, essencialmente difusa, a que se seguem as alterações do habitat ou hidromorfológicas. Assim, será importante um esforço consertado para redução da lixiviação de nutrientes proveniente da agricultura, que contribuem para a eutrofização de linhas de água e albufeiras. Ao mesmo tempo, impõe-se a recuperação dos ecossistemas aquáticos e o conveniente financiamento das ações necessárias, devendo a monitorização acompanhar a avaliação de eficácia das mesmas. Neste âmbito, é necessário que as medidas estejam integradas no Programa Nacional de Requalificação de Rios e Ribeiras, bem como implementar projetos para melhorar a conectividade fluvial, tendo em conta o Programa Europeu da Biodiversidade 2030. Por outro lado, devem ainda ser considerados os PGRI, os quais identificaram, só na RGH3, 10 ARPSI.

Em termos de objetivos para o 3º ciclo dos PGRH salientam-se alguns aspetos inovadores, como a avaliação das disponibilidades hídricas por massa de água e a aplicação do Índice de escassez WEI+, visando complementar a avaliação do estado das massas de água especialmente em cenários de alterações climáticas. Do mesmo modo, salienta-se o guia metodológico de definição de regimes de caudais ecológicos adaptado às diferentes regiões (associado ao desenvolvimento de ferramenta informática), no sentido de melhorar o estado das massas de água. Todavia, e seguindo as diretrizes da

Comissão Europeia para as bacias internacionais, os PGRH deveriam incorporar processos que permitissem a adequada articulação entre Portugal e Espanha nas Bacias do Minho, Lima e Douro, incluindo, nomeadamente, a delimitação de massas de água comuns, a monitorização e a aplicação e justificação das exceções. Ora, neste sentido, nas 3 RHs do Norte do país não parece ter havido uma clara melhoria desta articulação, no sentido dum planeamento integrado a nível de bacias internacionais.

Na verdade, na região Norte, não se está a caminhar para as metas definidas na DQA, uma indicação de que o Programa de Medidas do PGRH não tem sido efetivo. Acresce o facto de o ciclo de monitorizações para avaliação do Estado Ecológico das massas de água ser irregular no tempo, sem intervalos definidos, o que não permite ter uma visão regular e atempada da eficácia das medidas tendentes a cumprir as metas da DQA. É previsível que se agudizem os conflitos entre as utilizações humanas e a água necessária para satisfazer as necessidades dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, garantindo o Bom Estado. É de esperar ainda um incremento de conflitualidade entre diferentes usos, como os que já se verificam em algumas albufeiras, designadamente no Alto-Lindoso, com a dificuldade em compatibilizar a utilização hidroelétrica e o abastecimento público, ou o fornecimento de caudais ecológicos. Por outro lado, o previsto aumento em 25% da área regada na Região Norte vai colidir com a redução dos escoamentos, também em cerca de 25%, para o cenário dos próximos 40-50 anos, o que implica uma gestão mais integradora dos recursos hídricos, especialmente no domínio da agricultura.

5.2 Ecossistemas aquáticos e atividade agroflorestal

Com base no último inventário florestal nacional de 2019, os espaços florestais (*i.e.*, floresta, matos e terrenos improdutivos) ocupam 6,1 milhões de hectares (69,4%) do território nacional continental. Por sua vez, a tendência de diminuição da área de floresta, que se verificava desde 1995, inverteu-se em 2015, registando-se com este inventário um aumento de 59 mil hectares (1,9%) face a 2010 (data da anterior avaliação). Não obstante, esta expansão florestal é enganadora tendo em conta que os “montados” (sobreirais e azinhais), sendo a principal ocupação florestal, com cerca de 1 milhão de hectares (cerca de 1/3 da floresta), se encontram com elevadas quebras de produtividade devido a doenças, em grande parte associadas à fragilidade dos povoamentos devido ao stress hídrico e ao aumento da temperatura. Os pinhais representam ainda a principal formação florestal na região Norte (são ainda a espécie florestal que tem maior acumulação de biomassa total, *i.e.*, a maior quantidade de carbono armazenado), mas constituem os ecossistemas florestais com maior redução na área ocupada devido a incêndios e pragas, ao mesmo tempo que aumenta a proporção de eucaliptais (já claramente dominantes no Minho e Douro Litoral) e matos. O efeito dos incêndios tem-se traduzido em elevadas perdas de solo devido ao aumento do escoamento superficial e diminuição da capacidade de infiltração para os aquíferos, o que se traduz no potencial agravamento dos fenómenos hidrológicos extremos (com especial incidência nas já referidas ARPIS). Por sua vez, junto às vertentes das linhas de água do norte do país, tendem a expandir-se as espécies exóticas, especialmente as acácias e as háqueas, enquanto que os canaviais aumentam nos corredores ripários em resultado da perturbação das margens dos cursos de água, designadamente devido à redução dos amiais afetados por fungos patogénicos.

Tudo isto tem levado a novas formas de gestão das áreas florestais através de Programas de Transformação da Paisagem (PTP), com especial incidência na zona norte e centro do país, os quais configuram uma estratégia para os territórios vulneráveis da floresta com elevada perigosidade de incêndio, estando dirigidos à valorização da paisagem, revitalização dos territórios das florestas, remuneração dos serviços prestados pelos ecossistemas, bem como de prevenção e adaptação

do território às mudanças climáticas. Os Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem (PRGP) merecem especial atenção na medida em que traduzem a execução do PTP, na sua ligação com a proteção e requalificação das linhas de água nas áreas abrangidas. Nesta parte do país foram já concluídos os PRGP de Alto Douro e Baixo Sabor, Serras do Marão, Alvão e Falperra, enquanto que se encontram em elaboração os Planos da Terra Fria Transmontana, Serra da Cabreira e Serras do Larouco e Barroso, Entre Minho e Lima e Serras da Freita, Arada e Baixo Paiva.

A proposta de Programa Regional de Ordenamento do Território (PROT) do Norte (após a conclusão do período de consulta pública em novembro de 2024) tem em consideração que a escassez de água aumenta na região de forma acentuada, motivo pelo qual pretende melhorar a resiliência hídrica do território nos próximos anos. Refere ainda que a continuada impermeabilização do solo e a ocorrência de fenómenos severos, como os incêndios rurais, as chuvas de natureza torrencial, agravados pelas alterações climáticas, têm promovido condições para uma menor infiltração da água, uma maior erosão hídrica do solo e um aumento da ocorrência de cheias. O programa sugere, assim, a criação de novas albufeiras bem como o “melhor aproveitamento das albufeiras existentes e a dinamização de sistemas de captação e armazenamento da água da chuva onde a escassez é o fator mais limitante, como no Douro interior ou as Terras de Trás-os-Montes, onde coincidem os investimentos de maior dimensão dos anos mais recentes ao nível da vinha, olival, amendoal, maçã e castanha. Dado que se pretende ainda aumentar a área de regadio em pelo menos 25% (até 2030), através de novos aproveitamentos hidroagrícolas e recuperar até 10% dos regadios tradicionais identificados, investindo também em charcas e sistemas mais eficientes de utilização da água é de prever alguma conflitualidade entre utilizadores, aspeto já mencionado. Do mesmo modo, o Plano pretende reclassificar infraestruturas hidráulicas existentes como empreendimentos de fins múltiplos e adotar sistemas de aproveitamento das águas da chuva. Um dos objetivos prioritários aí mencionados é também o restauro e requalificação ambiental, quer de galerias ripícolas, aí definidos como elementos estruturantes para a conectividade ecológica e qualidade da água, quer de áreas de cabeceira e faixas de proteção da rede hidrológica.

O Plano de Eficiência Hídrica de Trás-os-Montes e Alto Douro (ainda em fase de elaboração), que se deve articular com o referido PROT-N, será de grande importância para programar os investimentos necessários, tendo em conta a evolução dos consumos a curto e médio prazo e as alterações climáticas. Este atraso é justificado pela conclusão do plano nacional de gestão da água, que está a ser elaborado pelo Grupo de Trabalho “*Água que Une*”. É preciso recordar que a agricultura consome cerca de 75% da água usada em Portugal, pelo que não será possível gerir as necessidades dum modo sustentável sem uma adaptação deste setor às disponibilidades das respetivas bacias hidrográficas. Tal poderá ser posto em causa pelo aumento contínuo da área regada e pela ambição de transferências de água da bacia do Douro para a do Tejo. Assim, deverá ser avaliada em cada bacia a pegada hídrica das diferentes culturas, de modo a compreender a relação entre a quantidade de água utilizada num determinado processo ou produto e o impacto ambiental decorrente do consumo dessa água. Note-se que no Norte do país a Superfície Agrária Útil (SAU) é de 653.134 ha para um total de 95.879 explorações, o que representa uma SAU média por exploração de 6,8 ha, uma das menores do país, o que representa a significativa divisão da propriedade, a qual sustenta uma agricultura de base familiar.

6. Soluções baseadas na Natureza para Adaptação Climática e Gestão Hídrica

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) destacam-se como uma ferramenta eficaz para mitigar os impactos climáticos e aumentar a resiliência dos territórios ao nível dos ecossistemas e comunidades. Estas soluções têm se mostrado

particularmente promissoras para a gestão de recursos hídricos, adaptação e mitigação de inundações, recarga de aquíferos e promoção da biodiversidade. As SbN são especialmente interessantes quando completam infraestruturas cinzentas existentes, aumentando assim a sua capacidade de resposta em termos funcionais e operacionais. A Comissão Europeia define SbN como sendo «*soluções inspiradas e sustentadas pela natureza, que são economicamente viáveis, proporcionam benefícios simultaneamente ambientais, sociais e económicos, e ajudam a aumentar a resiliência; estas soluções trazem um número maior e mais diversificado de características e processos naturais e da natureza às cidades, paisagens terrestres e marinhas, através de intervenções adaptadas aos locais, eficientes em termos de recursos e sistémicas*». Salienta ainda que as «*soluções baseadas na natureza devem beneficiar a biodiversidade e apoiar a prestação de uma gama de serviços ecossistémicos*».

A Região Norte do país, caracterizada pela sua variabilidade hidrográfica e forte dependência de recursos naturais, é vulnerável a eventos como secas prolongadas e inundações. Estudos recentes apontam que, a disponibilidade hídrica em várias bacias hidrográficas poderá diminuir significativamente, agravando os desafios para setores como a agricultura, abastecimento urbano e conservação ambiental. Além disso, a urbanização desordenada em algumas áreas exacerba problemas de impermeabilização do solo, reduzindo a capacidade de recarga dos aquíferos e aumentando o risco de cheias. Neste cenário, as soluções convencionais, como as infraestruturas cinzentas (*e.g.*, canais artificiais), têm se mostrado insuficientes ou economicamente inviáveis, abrindo espaço para uma maior adoção de SbN.

As SbN oferecem múltiplos co-benefícios para além da adaptação climática, nomeadamente: promovem a biodiversidade, aumentam a qualidade da água, melhoram a qualidade do ar e proporcionam serviços ecossistémicos. No Norte de Portugal, algumas iniciativas têm ganho destaque ao nível do:

- *Restauração de zonas húmidas e ecossistemas ribeirinhos*: a gestão de rios, com projetos de renaturalização de margens e corredores ripícolas, é um exemplo significativo. Outro exemplo são as intervenções de restauro de zonas húmidas degradadas, que promovem a retenção natural de água, a redução do impacto de cheias e inundações, e a conectividade ecológica. Além disso, essas áreas funcionam também como sumidouros de carbono;
- *Infraestruturas verdes urbanas*: várias cidades têm vindo a implementar coberturas verdes e parques urbanos com valas de infiltração e jardins pluviais, que ajudam na drenagem eficiente das águas pluviais e no combate às ilhas de calor, entre outros benefícios para a saúde e bem-estar da população;
- *Conservação de florestas e agroecologia*: a região Norte abriga áreas florestais críticas que desempenham um papel importante na regulação do ciclo da água e na prevenção da erosão. Iniciativas de gestão sustentável, como o uso de espécies nativas e sistemas agroflorestais, têm mostrado eficácia no aumento da resiliência a incêndios florestais e proteção de solos.

Apesar do seu potencial, a implementação de SbN na região Norte enfrenta desafios significativos. Entre eles estão:

- *Limitações de financiamento*: muitas iniciativas dependem de fundos europeus (*e.g.*, Horizon Europe, LIFE programme) e nacionais, pelo que a sustentabilidade financeira a longo prazo ainda constitui uma limitação;
- *Barreiras financeiras*: apesar dos comprovados benefícios a longo prazo, os investimentos iniciais para projetos baseados na natureza podem ser significativos, exigindo mais incentivos públicos e privados;
- *Falta de conhecimento técnico, capacitação e dados locais*: a integração de SbN requer estreita colaboração entre cientistas, gestores e decisores políticos, mas ainda existem lacunas de conhecimento e formação. Há

a necessidade de mais estudos que integrem dados locais específicos e modelos climáticos para o Norte de Portugal;

- *Conflitos de uso do solo*: a crescente urbanização e a pressão para uso agrícola intensivo muitas vezes dificultam a alocação das áreas que são necessárias à implementação das SbN;
- *Envolvimento das comunidades locais e literacia*: a aceitação local e o envolvimento das comunidades são essenciais para o sucesso a longo prazo dessas soluções, mas nem sempre são priorizados. A literacia e a divulgação de conhecimento sobre as soluções de base natural precisam de ser potenciados e amplificados, seja ao nível da sociedade em geral, como também nas escolas, nos vários ciclos de ensino.

No entanto, existem também várias oportunidades que devem ser aproveitadas para potenciar o uso de SbN na região Norte. O reconhecimento crescente das SbN nas políticas públicas e instrumentos de planeamento, como o Plano Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (PNAAC), representa uma oportunidade crucial. Além disso, a promoção da participação comunitária em projetos locais aumenta a aceitação social e o impacto dessas soluções. Investimentos na investigação científica e inovação, alinhados com programas europeus, podem acelerar o desenvolvimento de metodologias específicas para a Região Norte. A integração de tecnologias, como sistemas de monitorização remoto e modelos climáticos avançados aliados à inteligência artificial, também pode melhorar a eficácia das SbN.

Em síntese, a região Norte apresenta avanços notáveis na aplicação de SbN para adaptação climática, mas ainda há um longo caminho a percorrer. Apesar dos desafios existentes, os vários projetos já implementados demonstram que é possível combinar inovação, eficiência e conservação ambiental.

Neste domínio, para avançar, é essencial fortalecer as redes de colaboração entre as instituições governamentais, académicas, empresas e comunidades locais, bem como promover uma maior sensibilização sobre os benefícios das SbN. Apenas com uma abordagem holística e integrada será possível garantir a segurança hídrica e o bem-estar das gerações futuras nesta região tão rica em recursos e biodiversidade.

7. Energias Renováveis Marinhas

Os oceanos são uma fonte praticamente inesgotável de energia renovável e de recursos naturais, tendo potencial para se tornarem num dos principais fatores de desenvolvimento de Portugal, que tem a 3ª maior Zona Económica Exclusiva da União Europeia (UE) e que, com a extensão da sua plataforma continental, passará a ter 4.0x10⁶ km² de área marítima (cerca de 40 vezes a área terrestre¹³). A exposição ao Atlântico Norte faz com que o recurso “*energia das ondas*” seja muito significativo, em particular na região Norte, o que explica o interesse no desenvolvimento do sector. O recurso eólico *offshore* é também elevado e de boa qualidade (em termos de intensidade e de estabilidade), mas, devido às profundidades de água, a sua exploração comercial só é, em geral, economicamente viável com recurso a tecnologias flutuantes, mais complexas e com menor nível de maturidade tecnológica que as tecnologias de fundação fixa. O mar proporciona ainda extensas áreas para a instalação de sistemas solares flutuantes, que podem ser muito atrativos dado o elevado número anual de horas de Sol à latitude de Portugal.

¹³ DGPM, 2014. Estratégia Nacional para o Mar 2013-2020, Direção-Geral de Política do Mar, Uzina Books, ISBN:978-989-8456-64-9.

O desenvolvimento do setor das energias renováveis marinhas está a ser muito estimulado pelas preocupações (crescentes) com os impactos das alterações climáticas, poluição ambiental, sustentabilidade, segurança no abastecimento energético, e variabilidade do preço dos combustíveis fósseis nos mercados internacionais. Os desafios tecnológicos existentes são ainda significativos, porém, o contributo que o setor pode dar à criação de uma economia de baixo carbono, competitiva e exportadora justificam claramente o investimento no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e fiáveis.

A maturidade do sector é variável. As tecnologias de conversão da energia das ondas estão numa fase de desenvolvimento através da modelação numérica e física, e da sua demonstração no mar, isoladamente ou em pequenos parques. Os sistemas fotovoltaicos flutuantes para aplicações *offshore* são recentes, mas podem ter uma evolução rápida devido à experiência com instalações em outros meios aquáticos (albufeiras, rios, lagos). A energia eólica *offshore* tem maior maturidade, mesmo no caso das tecnologias para águas mais profundas, como é o caso das futuras aplicações ao largo da costa portuguesa.

A importância das energias renováveis marinhas para descarbonizar o sistema elétrico europeu e reduzir a sua atual dependência de fornecedores externos de contextos geopolíticos instáveis é clara e indiscutível. A Comissão Europeia anunciou em 2021 o objetivo de ter 1 GW de potência oceânica instalada até 2030 e 40 GW até 2050, embora metas mais recentes indiquem 300 GW até 2050. Para o vento *offshore*, a meta é 60GW até 2030 e 300GW até 2050. O investimento total necessário para atingir essas metas foi estimado em €800 bn. Em Portugal, a energia eólica *offshore* e a energia das ondas destacam-se pela sua magnitude e características, em particular na região Norte, pelo que em janeiro de 2025 foi aprovado o PAER – Plano de Afetação para as Energias Renováveis Offshore, que procede ao ordenamento e à identificação das áreas do espaço marítimo nacional com maior potencial para exploração de energias renováveis de origem ou localização oceânica, estimando-se a instalação de 2 GW potência até 2030, sobretudo na região Norte. Esse Plano visa contribuir para a independência energética nacional, através da transição energética, e para o desenvolvimento sustentável da economia azul e de toda a fileira das energias renováveis *offshore*.

Nas últimas décadas tem havido incentivo à I&D e demonstração em ambiente real das tecnologias *offshore*, realçando-se a criação em 2018 da zona piloto de Viana do Castelo, com 47 km² de área e profundidades de água entre 85 e 100 m, onde foi instalado em julho de 2020 o primeiro parque eólico *offshore* flutuante de Portugal (WindFloat Atlantic de 25 MW), assim como a zona de testes da Aguçadoura, com 3.3 km² de área e profundidade de 45 m, onde já foram testadas várias tecnologias (*e.g.*, Archimedes Wave Swing, Pelamis) no passado e onde atualmente está o conversor HiWave-5 da CorPower Ocean. De referir ainda a demonstração, ao longo de quase duas décadas, do sistema WaveRoller ao largo de Peniche, bem como a já desmantelada central do Pico nos Açores (sistema do tipo coluna de água oscilante). Está também em curso a iniciativa *Hub Azul Leixões* que pretende colmatar a falta de zonas de teste e demonstração em ambiente relevante para desenvolvimento de tecnologias oceânicas.

Os portos são infraestruturas chave para a indústria do *offshore*, não apenas durante a construção dos parques, mas também durante a fase de exploração. Dado o ritmo de crescimento do sector e as perspetivas de evolução no futuro, em 2021, a Wind Europe estimou que seria necessário um investimento de cerca de €6.5 bn para construir e/ou modernizar pelo menos

45 instalações portuárias até 2030¹⁴, de forma atingir os ambiciosos objetivos definidos para o *offshore*. Em 2023, com base nos requisitos técnicos associados às várias etapas de implementação de tecnologias para exploração de fontes de energia *offshore*, foi apresentada uma proposta de especialização das infraestruturas portuárias nacionais¹⁵, estimando-se que os investimentos associados sejam superiores a 700 M€. Toda a indústria nacional terá também de preparar para as necessidades e desafios deste sector em franco crescimento na Europa.

8. Zonas Costeiras

Portugal tem uma zona costeira com mais de 1800 km de extensão exposta ao *Oceano Atlântico Norte* (muito energético). Devido a essa exposição, as zonas costeiras estão sujeitas a ações importantes do ambiente marítimo (*e.g.* ondas, vento e correntes), que deverão aumentar no futuro, devido às alterações climáticas em curso, nomeadamente a subida do nível médio da água do mar e o aumento da intensidade e frequência das tempestades. Os riscos costeiros (*e.g.*, erosão, galgamentos, inundações) tenderão, por isso, a aumentar, o que é especialmente relevante tendo em conta que 75% da população portuguesa vive no litoral¹⁶, e cerca de 14% a menos de 2 km da linha de costa em situação de praia-mar. Assim, é essencial antecipar os efeitos das alterações climáticas e tomar medidas para prevenir ou minimizar as suas consequências negativas.

Com efeito, só entre 2010 e 2018, Portugal perdeu aproximadamente 1 km² de território por erosão costeira, fenómeno que afeta cerca de 20% da linha de costa continental, caracterizada por sistemas praia/duna num litoral baixo e arenoso. As taxas médias de recuo entre 1958 e 2010 variaram entre 0.5 e 9.0 m/ano, representando uma perda de território de cerca de 12 km². A erosão costeira deve por isso merecer uma atenção especial. O Plano de Ação Litoral XXI, instrumento plurianual para a gestão da zona costeira, contemplou 1000 ações que representam um investimento de quase 900M€, sendo que 745 dessas ações foram classificadas como de prioridade elevada e 633 ações são para proteção costeira em zonas de risco (~63% do investimento global).

É indiscutível a importância que as zonas costeiras têm, quer seja em termos turísticos, económicos, ambientais ou sociais. Esta realidade explica a enorme pressão sobre o litoral, existindo ainda um conjunto de problemas por resolver, alguns com algumas décadas. Neste contexto, é fundamental desenvolver e implementar soluções inovadoras de adaptação climática que contribuam para aumentar a resiliência costeira e para reduzir a vulnerabilidade e os riscos e, simultaneamente, promovam a biodiversidade localmente e a recuperação de ecossistemas degradados, beneficiando as comunidades económica, social e ambientalmente. Esta estratégia está alinhada com a iniciativa "*New European Bauhaus*", assim como com a estratégia de Biodiversidade 2030, que é um importante pilar do Pacto Ecológico Europeu, a longo prazo, visando proteger a natureza e reverter o processo de degradação dos ecossistemas.

As SbN híbridas, que combinam estruturas pesadas com intervenções suaves, que promovem a biodiversidade e retenção

14 Wind Europe, 2021. A 2030 Vision for European Offshore Wind Ports: Trends and opportunities

15 LNEG, 2023. Grupo de trabalho para o planeamento e operacionalização de centros eletroprodutores baseados em fontes de energias renováveis de origem ou localização oceânica (Despacho n.º 11404/2022, de 23 de setembro)

16 APA, 2017. Plano de Ação Litoral XXI. Agência Portuguesa do Ambiente - Departamento do Litoral e Proteção Costeira.

de sedimentos, podem criar níveis de proteção superiores aos das soluções tradicionais, tanto pesadas (*e.g.*, esporões ou obras aderentes), como suaves (*e.g.*, alimentação artificial com areia). Estas soluções têm ainda um potencial de adaptação maior à subida do nível médio do mar e ao agravamento das condições do ambiente marítimo, *i.e.*, têm maior resiliência aos riscos costeiros.

Dada a diversidade e complexidade dos problemas, destaca-se a necessidade de uma visão holística e integrada dos mesmos, bem como de haver uma forte cooperação entre os diversos sectores e *stakeholders*. É também fundamental continuar o esforço de monitorização das zonas costeiras, aumentando a sua cobertura espacial e temporal, bem como a qualidade global dos dados. As medidas e soluções para as zonas costeiras devem levar em linha de conta a elevada incerteza associada às variáveis do ambiente marítimo, sobretudo em contexto de alterações climáticas, e a resposta dos sistemas costeiros. Neste contexto justifica-se a adoção de planos adaptativos e a consideração de cenários.

É também importante proceder à prevista avaliação, revisão e atualização dos planos e instrumentos de planeamento, dados que alguns já têm vários anos, bem como avaliar e repensar a capacidade de implementação desses planos. A retirada planeada é complexa e tem os seus obstáculos, mas é possível e já foi implantada com sucesso em alguns locais (*e.g.*, São Bartolomeu do Mar).

Importa destacar alguns desafios para os próximos anos: melhor planeamento e monitorização das zonas costeiras, maior implementação de soluções de engenharia natural na proteção e defesa costeira, recurso ao recuo planeado se e quando necessário, valorização do litoral, adaptação às alterações climáticas e o aumento da resiliência costeira.

9. Portos Marítimos

9.1 Gestão dos Recursos Hídricos e Adaptação Climática

Os portos marítimos são fundamentais para o transporte de mercadorias e para a competitividade da Europa (~74% do comércio externo da UE passa pelos portos). Estas infraestruturas são particularmente vulneráveis às mudanças climáticas devido à sua localização e necessitam de planos de adaptação climática, dado que a subida do nível médio do mar e os eventos climáticos extremos podem causar danos, perdas de produtividade e um aumento dos custos operacionais.

As Autoridades Portuárias desempenham um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos, especialmente no que diz respeito às águas superficiais costeiras, de transição e nos cursos de água doce, com ênfase particular no rio Douro, a via navegável interior mais relevante do território nacional. Embora o DL n.º 72/2019, de 28 de maio, preveja a transferência de competências em algumas dessas áreas, a responsabilidade pela administração do domínio público hídrico permanece uma prioridade para estas entidades.

A evolução da gestão dos recursos hídricos nas envolventes portuárias reflete uma transição de um modelo predominantemente focado na expansão portuária e na navegação comercial para uma abordagem mais integrada e ambientalmente sustentável. Atualmente, verifica-se um compromisso crescente com a implementação de boas práticas, visando um equilíbrio entre desenvolvimento económico e conservação ambiental. O futuro da gestão hídrica nos portos portugueses dependerá da adoção de soluções inovadoras, digitalização de processos e melhoria dos mecanismos de monitorização e controlo de qualidade da água.

No contexto europeu, rios como o Reno, Danúbio e Ródano são exemplos de boas práticas, com a adoção de medidas rigorosas de regulação de descargas industriais, renaturalização das margens e remoção de poluentes acumulados. Em Portugal, a cooperação com a Espanha na gestão das bacias hidrográficas partilhadas é essencial para garantir a segurança e qualidade da água.

A adaptação das infraestruturas portuárias às novas exigências climáticas é crucial para mitigar os impactos ambientais e operacionais resultantes de fenómenos extremos, como precipitação intensa, secas prolongadas e agitação marítima severa. O aumento da erosão costeira e das variações dos caudais fluviais reforça a necessidade de investimentos em infraestrutura resiliente, sistemas de monitorização e planos de contingência adaptados.

Neste contexto, considera-se essencial:

- Desenvolver infraestruturas mais sustentáveis e resistentes a eventos climáticos extremos;
- Monitorizar continuamente a qualidade da água e dos caudais;
- Implementar planos de contingência e sistemas de alerta precoce;
- Investir em tecnologia de previsão meteorológica avançada;
- Promover boas práticas de gestão ambiental nos portos.

9.2 Sustentabilidade Marítima e Qualidade dos Recursos Hídricos

A estratégia ambiental europeia para o setor marítimo é pautada por iniciativas como o Fit for 55, o FuelEU Maritime e a nível mundial pela regulamentação da IMO, como é o caso do Anexo VI da MARPOL que sofreu alterações com vista à promoção da eficiência energética dos navios, através da criação do EEDI (Energy Efficiency Design Index), do SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan), do EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index) e do CII (Carbon Intensity Indicator). Estas políticas visam reduzir as emissões de carbono, incentivar a eficiência energética e promover a utilização de combustíveis alternativos.

O Fit for 55 estabelece um conjunto de metas ambiciosas para reduzir as emissões líquidas de gases com efeito de estufa em 55% até 2030, impactando diretamente o transporte marítimo e a sustentabilidade portuária. O FuelEU Maritime, por sua vez, introduz regras para a descarbonização dos combustíveis marítimos, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e impulsionando alternativas como o hidrogénio e o amoníaco verdes. Os índices da IMO, como o EEDI, SEEMP, EEXI e o CII, estabelecem requisitos de eficiência para navios, incentivando a modernização da frota e a adoção de novas tecnologias. A implementação destas certificações e exigências melhora a qualidade do ar e reduz a poluição das águas costeiras e fluviais, minimizando o impacto ambiental do transporte marítimo.

A acidificação dos oceanos representa um dos principais desafios ambientais globais, afetando diretamente os ecossistemas marinhos e os recursos hídricos costeiros. Os portos têm vindo a assumir um papel ativo na mitigação deste problema através da sua participação na *Ocean Acidification Alliance*, uma iniciativa internacional que promove ações concretas para reduzir a emissão de CO₂ e minimizar os impactos da acidificação oceânica.

A adesão a esta aliança permite aos portos colaborar no desenvolvimento de estratégias de monitorização da qualidade da água, implementar soluções para reduzir a poluição e promover práticas sustentáveis na navegação e no comércio marítimo. Estas ações contribuem para a preservação da biodiversidade marinha e para a manutenção da qualidade das águas nas zonas portuárias e fluviais.

A transição energética em Portugal está alinhada com o Plano Nacional Energia e Clima (PNEC), um instrumento estratégico que define objetivos e medidas para a redução das emissões de gases de efeito estufa, o aumento da eficiência energética e a promoção das energias renováveis até 2030. Este plano prevê a integração das energias renováveis *offshore* como uma das soluções para a descarbonização do setor energético e marítimo-portuário.

Nesse contexto, o Plano de Afetação para Energias Renováveis Offshore (PSOEM) estabelece as diretrizes para a utilização sustentável do espaço marítimo, garantindo a compatibilização entre as atividades económicas e a proteção ambiental. Com este plano, a exploração da energia eólica *offshore*, da energia das ondas e eventualmente das marés ganha um enquadramento regulatório claro, promovendo o investimento privado e o desenvolvimento de infraestruturas adequadas.

A transição para um modelo de gestão portuária mais sustentável exige a adoção de medidas concretas, tais como:

- Utilização de fontes de energia renováveis nos portos;
- Redução de emissões de CO₂ através da eletrificação das operações;
- Eficiência no uso de água e gestão inteligente de resíduos;
- Proteção dos ecossistemas locais com projetos de recuperação ambiental;
- Promoção do transporte marítimo sustentável e de soluções logísticas mais ecológicas.

A transição energética em curso no sector portuário está associada a desafios importantes. Um estudo recente da *European Sea Ports Organisation* estima que os principais portos europeus necessitem de investimentos superiores a €80 bn nos próximos 10 anos¹⁷, *i.e.*, até ao ano 2034.

A gestão eficiente dos recursos hídricos na região Norte de Portugal exige uma abordagem integrada e cooperativa entre entidades públicas e privadas. A implementação de estratégias sustentáveis, aliada ao desenvolvimento de energias renováveis *offshore* e à adoção de políticas de descarbonização, é essencial para garantir um futuro resiliente para o setor marítimo e fluvial do país. A participação dos portos em iniciativas como a *Ocean Acidification Alliance* reforça o compromisso com a sustentabilidade, promovendo a qualidade ambiental das massas de água costeiras e fluviais.

10. Governação e políticas públicas

A Governação e as Políticas Públicas no setor das águas constituem temas cuja abordagem remete para um exercício exigente e complexo. A diversidade de contextos e de modelos que abrange, o vasto regime regulamentar e jurídico, as distintas apreciações que as políticas públicas vigentes suscitam e, ainda, as constantes alterações de circunstância geradas pelos mais variados fatores externos, são apenas alguns dos determinantes que há que considerar ao (re)pensar-se o setor e ao definir as estratégias para a sua gestão. Neste domínio insere-se, igualmente, a concretização de uma pragmática ponderação e uma antecipada avaliação das suas repercussões, atuais e futuras.

Por outro lado, regista-se uma preocupação bem patente quanto à gestão sustentada dos recursos hídricos, desde logo sendo uma matéria que carece de uma abordagem integrada, transversal e holística, exigindo-se uma articulação coesa

17 ESPO, 2024. Port investment study 2024. The investment pipeline and investment challenges of European ports. *European Sea Ports Organisation*.

e estruturada entre políticas setoriais considerando os seus vários usos e as necessidades e expectativas dos distintos utilizadores.

Numa altura em que o fenómeno das alterações climáticas se faz sentir, e para cujos efeitos a comunidade se encontra já significativamente sensibilizada, há que considerar o inevitável respeito pelo valor social, económico e ambiental da água no processo de formação de políticas públicas, aliando-se, ainda, uma nova perspectiva em que não deverá descurar-se a maior consciencialização e capacitação dos cidadãos, incrementando o seu envolvimento nas decisões e na formação de políticas públicas.

De facto, depois de décadas em que o racionalismo de gestão orientou a produção de políticas públicas e as medidas de reforma, os decisores estão a enfrentar novas pressões que exigem adaptações sistémicas. A preocupação com a eficiência está a ser comutada por uma maior preocupação com a governação, a adaptação, a colaboração e a compreensão do impacto das políticas na sociedade. Tal tem exigido uma abordagem integrada das questões de governação e gestão, numa lógica que visa impulsionar a plena capacidade de mudança do setor público, mantendo, simultaneamente, os valores fundamentais do serviço público.

Este paradigma está já bem patente na Lei de Bases do Ambiente, que, nos termos da Constituição da República Portuguesa, e para além de apresentar os objetivos específicos da atuação em matéria de política de ambiente, dispõe que: “(...) compete ao Estado a realização da política de ambiente através da mobilização e da coordenação de todos os cidadãos e forças sociais, num processo participado e assente no pleno exercício da cidadania ambiental, bem como através da ação direta dos seus órgãos e agentes nos diversos níveis de decisão local, regional, nacional, europeia e internacional (...)”.

Exatamente no seguimento do anteriormente referido, um dos aspetos que importa abordar neste domínio da governação e da produção de políticas públicas é o processo de europeização, descrito por alguns autores como constituindo a institucionalização, a nível europeu, de um sistema de governação com instituições comuns, com a autoridade para elaborar, aplicar e fazer cumprir políticas vinculativas à escala europeia. O processo tem tido uma forte influência na administração pública portuguesa na medida em que a União Europeia (UE) representa um importante elo externo que se caracteriza, substantivamente, pela aplicação de normas num contexto descendente, orientando a tomada de decisões nos processos a nível das políticas nacionais.

Esta dinâmica da europeização, que apresenta uma abordagem *top-down*, é particularmente evidente na transposição e implementação de diretivas ambientais, tal como acontece com as políticas públicas na área dos recursos hídricos. As políticas da UE visam, pois, substituir explicitamente as disposições regulamentares nacionais existentes e têm implicado a sua verdadeira reformulação.

A nível europeu, e mesmo internacional, existe uma profunda reflexão quanto ao valor da água e uma tomada de ações quanto às suas mais distintas utilizações, não sendo alheia a estes aspetos a emanação de diplomas legais e normativos que visam a sua adequada gestão e o seu planeamento, tendo em vista a sua proteção e valorização. Em Portugal, este paradigma é já uma realidade, sendo claro que a abordagem da governação dos recursos hídricos e do setor das águas se encontra diretamente associada às políticas públicas emanadas pela UE.

Um dos diplomas mais representativos de toda esta preocupação, legítima, diga-se, é a Lei da Água, que estabelece o

enquadramento para a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas. Aprovada pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, veio transpor para a ordem jurídica nacional a Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água, a Diretiva-Quadro da Água (DQA).

Os objetivos ambientais da DQA e da Lei da Água são prosseguidos através da aplicação de programas de medidas especificados no PGRH. Estes planos, que constituem instrumentos de planeamento dos recursos hídricos, visam a gestão, a proteção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível das bacias hidrográficas integradas numa determinada região hidrográfica, compatibilizando as utilizações deste recurso com as suas disponibilidades de forma a garantir a sua utilização sustentável, assegurando a harmonização da gestão das águas com o desenvolvimento regional e as políticas setoriais, os direitos individuais e os interesses locais.

Envolve, também, a fixação das normas de qualidade ambiental e os critérios relativos ao estado das águas, prevendo a internalização da dimensão económica, o que constitui um desafio que envolve todos os utilizadores, promovendo-se, de forma progressiva, a internalização dos custos decorrentes das atividades suscetíveis de causar impacto negativo no estado das massas de água, bem como a recuperação dos custos inerentes à prestação dos serviços públicos que garantem o estado das águas, incluindo o custo de escassez.

No fundo, pretende-se a implementação de um modelo de Governação dos recursos hídricos exatamente numa perspetiva de interdependência e de articulação entre as normas da UE relativas à água, à estratégia marinha e à conservação da natureza e biodiversidade, de forma a assegurar a otimização de obrigações nacionais de reporte, implementação de medidas e acesso a financiamentos da UE.

Um outro exemplo a realçar prende-se com o novo regime jurídico da qualidade da água destinada ao consumo humano. De facto, água de qualidade a preços acessíveis para todos constitui uma condição fundamental para a promoção da saúde pública, da sustentabilidade ambiental e da qualidade e segurança da vida. Com estas prementes preocupações, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) declarou, em 2010, o acesso à água potável e o saneamento como um direito humano, essencial ao pleno gozo da vida e de todos os outros direitos humanos. Logo após, em 2015, foi definido um conjunto de 17 metas globais para o ano de 2030 – os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) na Agenda 2030 – em que os países expressaram forte vontade de garantir que a água potável é universalmente segura, uma vez declarado o ODS 6 e as suas respetivas metas e indicadores.

Com estas preocupações em consideração, a qualidade da água destinada ao consumo humano tem vindo a apresentar, nas últimas décadas, uma evolução muito significativa em Portugal. Esta evolução resulta não só do quadro legislativo que, desde os anos 90, assegura a transposição das diretivas europeias relativas à qualidade da água para consumo humano, mas também do modelo de regulação da qualidade da água que tem vindo a ser aperfeiçoado e que tem permitido a melhoria contínua do controlo dos valores paramétricos da água fornecida aos consumidores, bem como a deteção e correção de situações que comportem risco para a saúde humana.

Já no que diz respeito ao tratamento de águas residuais urbanas, verifica-se também, nos últimos anos, uma evolução significativa, complementada recentemente com a publicação da nova Diretiva (DARU). As novas regras protegerão ainda

mais a saúde humana e o ambiente das descargas nocivas de águas residuais urbanas e garantirão rios, lagos, águas subterrâneas e costas mais limpas em toda a Europa, tal como informa a Comissão Europeia em comunicado.

O documento aplica-se a um número mais vasto de zonas, incluindo aglomerados mais pequenos, e preconiza a remoção de mais nutrientes das águas residuais urbanas, sendo também aplicadas novas normas aos micropoluentes. Passa a ser exigida a monitorização sistemática dos microplásticos e dos PFAS (frequentemente designados por químicos eternos), bem como a monitorização dos parâmetros de saúde pública. Isto inclui a monitorização da resistência antimicrobiana, uma ameaça crescente para a saúde pública, e de vários vírus, como a Covid, estratégias que permitirão a deteção precoce de uma nova eventual epidemia.

Em conformidade com o princípio do “poluidor-pagador”, a nova lei garantirá que os custos do tratamento avançado serão maioritariamente cobertos pelo setor responsável, e não pelas tarifas da água ou pelo orçamento público. As indústrias farmacêutica e cosmética, cujos produtos geram a maior parte dos micropoluentes nas águas residuais, serão obrigadas a pagar pelo menos 80% do custo da sua remoção. Este facto limitará o custo dos novos requisitos para os cidadãos.

Por outro lado, as novas regras conduzirão o setor das águas residuais à neutralidade energética e climática. Melhorarão também a gestão das águas pluviais nas cidades, fator que se tornará cada vez mais importante tendo em conta o aumento da precipitação intensa devido às alterações climáticas. Aliás, os Estados-membros terão de desenvolver sistematicamente planos de gestão integrada das águas pluviais que reduzam o risco de inundações urbanas e de poluição durante as chuvas fortes. Nestes planos, impõe-se a definição das ações de gestão concretas, dando-se prioridade a soluções baseadas na natureza.

O aumento da circularidade é um outro elemento-chave da Diretiva revista, tendo sido introduzidos novos requisitos para recuperar componentes valiosos das águas residuais e das lamas de depuração, como o fósforo, uma matéria-prima fundamental na UE, permitindo a sua posterior utilização em setores como a agricultura.

A Diretiva promove ainda uma maior reutilização da água tratada, assegurando que não sejam desperdiçados recursos valiosos, ajudando a proteger o abastecimento de água em regiões com dificuldades hídricas e a aliviar a pressão sobre as cadeias de abastecimento. Recorde-se que a Diretiva relativa ao tratamento de águas residuais urbanas foi adotada pela primeira vez em 1991. Passados 30 anos, o documento necessitava de uma revisão geral para fazer face às novas fontes de poluição urbana. Surgiram também novos poluentes, incluindo microplásticos ou micropoluentes (como produtos farmacêuticos ou cosméticos).

Por outro lado, não pode deixar de se referir que foi também no início da década de noventa que ocorreram as grandes mudanças de paradigma na gestão do abastecimento de água, do tratamento de águas residuais e na área da gestão de resíduos, já que o quadro legal definiu uma nova perspetiva de gestão e operação, nomeadamente através da criação dos sistemas multimunicipais e municipais e que tem vindo a evoluir gradualmente. O mesmo acontece com as empresas de abastecimento de água que abastecem os serviços de água a montante, que são agora de natureza empresarial, com o modelo de gestão de concessões a dominar o setor.

Apenas alguns anos mais tarde, foi também publicado o modelo jurídico de criação e regulação das empresas municipais, e nas últimas duas décadas assistiu-se a uma tendência de aumento da corporatização do setor, com a gestão de concessões e modelos delegados abastecendo agora cerca de metade da população portuguesa. No entanto, a Administração Pública

tem mantido a competência para a aprovação de todas as orientações estratégicas, bem como tem poder de supervisão e, por meio das agências reguladoras, competências de fiscalização.

Muito mais poderia abordar-se no âmbito da temática da Governança e Políticas Públicas, sobretudo tendo presente que os últimos 30 anos têm sido anos de mudança e de determinantes avanços na proteção ambiental e na melhoria da qualidade de vida das populações por via de todo o investimento que tem sido realizado ao nível do abastecimento de água, do tratamento de águas residuais e na área da gestão de resíduos. No setor das águas, todas estas alterações são claramente observadas e o futuro assegura-se como favorável, mas, em simultâneo, desafiante face aos Planos Estratégicos e aos novos requisitos legais que se preconizam implementar.

11. Cooperação internacional na gestão dos recursos hídricos

A cooperação internacional na gestão dos recursos hídricos assume cada vez mais importância, com inúmeros desafios face à incerteza climática e ao aumento das tensões geopolíticas. A gestão e o planeamento dos recursos hídricos partilhados têm subjacente uma complexa rede de dimensões, das quais se destacam as relações económicas, sociais e ambientais em articulação com a respetiva natureza política.

Neste contexto tem-se assistido a uma maior perceção da importância da governança em questões que envolvem a gestão da água, a qual integra um sistema de relações e dependências complexo. Assim, é fundamental que esta seja transparente, informada e de responsabilidades partilhadas, envolvendo os diferentes *stakeholders* nos processos de tomada decisão e de gestão integrada. Importa referir os três princípios da OCDE para a boa Governança da Água desenvolvidos para inspirar políticas públicas na água, através da eficácia, da eficiência e da confiança e compromisso.

A evolução das alterações climáticas, associada com uma diminuição da água disponível levanta várias questões relacionadas com a partilha e a utilização do recurso água, constituindo um tema importante nas agendas políticas dos diferentes países. A questão das disponibilidades hídricas nacionais constitui um elemento fundamental para a manutenção da soberania e a fixação de populações.

As características fisiográficas da Península Ibérica determinam a partilha de uma parte dos recursos hídricos entre Portugal e Espanha, designadamente os das bacias do Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana. A localização de Portugal gera uma situação de dependência em relação a Espanha, já que se situa a jusante, colocando-se por isso questões e desafios exigentes a nível técnico e político para a gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, importa garantir a quantidade e qualidade da água, para uma utilização sustentável deste recurso, através da compatibilização dos diferentes usos, de modo a satisfazer as necessidades atuais das populações sem comprometer as das gerações futuras. Estas preocupações aumentam face ao contexto atual de intensificação e agravamento dos fenómenos extremos (secas, inundações) na Península Ibérica associados às alterações climáticas.

Para melhorar a cooperação na gestão das bacias hidrográficas partilhadas ou transfronteiriças, Portugal e Espanha assinaram alguns tratados, com particular destaque para a Convenção de Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso – Espanholas, conhecida como Convenção de Albufeira, em vigor desde o dia 17 de janeiro de 2000 (APA).

A Convenção de Albufeira é o principal instrumento jurídico que regula a cooperação entre Portugal e Espanha na gestão dos recursos hídricos partilhados. A Convenção possui órgãos de cooperação, tendo em vista a prossecução dos seus objetivos, nomeadamente a Conferência das Partes e a Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção (CADC). Para além das sessões plenárias, a CADC desenvolve a sua atividade através de grupos de trabalho temáticos de natureza técnica, os quais são compostos por especialistas dos dois países.

A Convenção de Albufeira assenta os seus princípios nas disposições da DQA, estabelecendo um quadro de cooperação e articulação contínua, de forma a garantir a proteção ambiental das massas de água e ecossistemas aquáticos e terrestres, bem como o uso sustentável dos recursos hídricos. Neste sentido, salienta-se a relevância da DQA na introdução do conceito de gestão da água com base em bacias hidrográficas, e não em fronteiras administrativas ou políticas, o que contribui para uma abordagem coordenada entre os países que partilhem recursos hídricos. A DQA define ainda as regiões hidrográficas como a principal unidade para a gestão das bacias hidrográficas, estabelecendo os princípios para o planeamento dos recursos hídricos da área de terra e do mar, constituída por uma ou mais bacias hidrográficas vizinhas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhe estão associadas.

Na região Norte existem três rios que possuem a sua bacia partilhada com Espanha (Minho, Lima e Douro). Importa referir que, à data, ainda não se encontram identificados aquíferos de extensão transfronteiriça que mereçam essa designação e uma análise e estudo sobre as suas dinâmicas.

As bacias hidrográficas partilhadas da Região Norte possuem uma maior área em Espanha: esta diferença é mais clara nas bacias dos rios Minho e Douro, respetivamente com 91 e 81% da sua área localizada em Espanha, Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição da área das bacias luso-espanholas da região Norte (CADC).

Bacia Hidrográfica	Área total km ²	Portugal		Espanha	
		Área km ²	%	Área km ²	%
Minho	9 090	814	9	8 276	91
Lima	2 524	1 199	48	1 325	52
Douro	97 479	18 588	19	78 891	81
Total	109 093	20 601	19	88 492	81

Com a elaboração do primeiro ciclo de planeamento (2010-2015) dos PGRH em Portugal e dos Planes Hidrológicos em Espanha, estabeleceram-se os princípios para o início de uma gestão articulada dos recursos hídricos entre os dois países. Durante a elaboração dos respetivos Planos estabeleceu-se a necessidade de comunicação e cooperação através de reuniões de trabalho, seminários técnicos e participação nas sessões públicas de apresentação das propostas de planos. Neste processo verificaram-se algumas diferenças na transposição da DQA para os normativos legais dos respetivos países, devido às especificidades internas, em paralelo com os procedimentos de elaboração patente nas metodologias, nos relatórios e anexos que são produzidos. Como exemplo, refere-se a ausência de Planos de Seca em Portugal, contrariamente ao que acontece em Espanha, demonstrando a pertinência dos mesmos, tendo em conta os efeitos cada vez mais incontornáveis das alterações climáticas.

Nos PGRH, importa harmonizar e uniformizar as metodologias e métricas de monitorização, a análise de pressões e os sistemas de classificação de massas de água, pois a existência de diferenças reflete-se na classificação do estado químico e ecológico das massas de água e, por conseguinte, no estado global. Estas divergências geram classificações do estado diferente para as massas de água fronteiriças e transfronteiriças. Também a ausência de delimitação de aquíferos ou massas de água subterrâneas transfronteiriças merece especial atenção, atendendo a dinâmica e interdependência de relações entre as águas superficiais e subterrâneas, porque a melhoria do conhecimento nesta área teria consequências benéficas num conjunto de temas como o balanço hídrico a recarga de aquíferos, a distribuição espacial da qualidade da água, entre outros.

A elaboração de Planos de Seca por parte de Portugal é fundamental, face à importância que o recurso água tem para a qualidade de vida das populações, a biodiversidade, o equilíbrio dos ecossistemas, assim como para o suporte direto e indireto de um conjunto de atividades económicas. A situação de dependência de Espanha é outro fator a ter em conta na elaboração destes planos, de forma a minimizar os impactos ambientais, económicos e sociais de eventuais episódios de seca, assente numa gestão diferenciada das situações de seca prologada e de escassez conjuntural. Para isso, torna-se necessário definir indicadores idênticos e similares, que possam ser aplicados em comum, por Portugal e Espanha, nas bacias partilhadas. Só com indicadores similares é possível realizar um planeamento, gestão e monitorização das situações de seca e escassez, nas partes portuguesas e espanholas das bacias partilhadas, permitindo, assim, igual caracterização e comparação dos eventos de seca.

No PGRI, apesar de ter existido articulação na definição de ARPSI fronteiriças, ainda há necessidade de harmonizar as metodologias de modelação, devido às diferenças dos dados de base que as suportam, o que tem reflexos nos resultados finais.

Apesar de se terem registado progressos na gestão das bacias hidrográficas internacionais entre Portugal e Espanha, para enfrentar desafios ambientais e climáticos, ainda existem diversos desafios e oportunidades, com vista a criar resiliência aos efeitos das alterações climáticas e garantir a conservação das espécies e habitats. Paralelamente aos processos de planeamento, torna-se imperioso estimular e promover a governança dos recursos hídricos através do envolvimento nas decisões de gestão e planeamento dos diferentes *stakeholders* e da sociedade civil. Neste sentido, indicam-se um conjunto de aspetos que poderão contribuir para a melhoria da gestão das bacias partilhadas da Península Ibérica:

- Aumentar a visibilidade da CADC face às funções e responsabilidade que possui na gestão e coordenação das bacias hidrográficas partilhadas;
- Reforçar a comunicação para promover a eficiência e adaptação hídrica face à diminuição de água disponível no futuro;
- Promover a divulgação e a partilha de conhecimento de uma forma mais simples e perceptível sobre a importância do recurso água, através de educação ambiental nos primeiros ciclos de ensino e do desenvolvimento de documentos e eventos de participação pública e divulgação “não técnicos”, que descodifiquem a linguagem técnica;
- Melhorar a articulação e integração efetiva de um conjunto de normas e medidas do planeamento dos recursos hídricos nas políticas públicas dos domínios do ambiente e biodiversidade, da agricultura e das infraestruturas, entre outras;
- Melhorar e densificar as redes de monitorização quantitativa e qualitativa, através de mecanismos mais eficientes,

baseados em tecnologia digital, sensores e inteligência artificial, para prever e gerar alertas sempre que se verifiquem variações no regime hídrico e na qualidade da água;

- Disponibilizar em plataformas online todos os dados de monitorização devidamente organizados e atualizados, de forma clara e compreensível, bem como a publicitação dos padrões e métricas utilizados, com possibilidade de consulta dos dados históricos de cada país;
- Aumentar o conhecimento e a investigação sobre novos contaminantes emergentes, como as substâncias prioritárias, os microplásticos, os poluentes específicos, os antibióticos, entre outros;
- Harmonizar a inventariação e a análise das pressões, qualitativas e quantitativas, ao nível da origem e da tipologia, nomeadamente as tóxicas, as difusas, hidromorfológicas, biológicas e a sua classificação como significativas face ao potencial impacto no estado das massas de água;
- Assegurar que os custos da utilização da água em diferentes setores económicos refletem efetivamente o custo real da segurança hídrica;
- Reforçar os mecanismos de avaliação do custo/benefício inerente à implementação ou execução de medidas e ações para melhoria qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos;
- Garantir investimentos partilhados entre Portugal e Espanha nas massas de água comuns aos dois países.

Existem outros desafios, institucionais e organizacionais, para uma melhor gestão partilhada dos recursos hídricos internacionais. Assim, é essencial um maior diálogo e cooperação tecnicamente capacitada, acompanhados de uma constante monitorização a realizar em conjunto pelas entidades portuguesas e espanholas. Também se deve potenciar uma ligação mais técnica, envolvendo os *stakeholders* e os cidadãos, para melhorar a perceção e a importância de uma gestão integrada dos recursos hídricos. A necessidade de capacitação técnica e institucional é um dos maiores desafios que Portugal enfrenta na gestão das bacias luso-espanholas, decorrente da variabilidade institucional dos últimos anos, em paralelo com a ausência de um organismo público que realize estudos avançados para suportar cientificamente as políticas públicas, como o *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas* (CEDEX) em Espanha. O mesmo acontece para a execução de intervenções físicas no território, através de uma empresa pública – Grupo Tragsa, que permite agilizar serviços em diversas áreas de atuação como o meio ambiente, a agricultura, a pecuária e segurança alimentar, a engenharia, os sistemas de informação, a pesca, entre outras. Também a instabilidade institucional ocorrida no passado, com a criação, supressão e fusão de diferentes organismos com competências várias, contribuiu para a fragmentação técnica e institucional, menorizando a relevância do recurso água e aumentando a necessidade de consolidação técnica e científica de uma entidade única para a gestão dos recursos hídricos.

Os desafios com a nova Diretiva das Águas Residuais Urbanas (DARU), com a introdução de alterações ao nível do controlo integrado das águas residuais e pluviais, através de uma maior exigência de tratamento da água, é outro aspeto que terá de ser considerado na gestão das bacias partilhadas. O mesmo acontece com a revisão da Diretiva relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano, com a implementação da avaliação e gestão do risco nos serviços de abastecimentos de água, em paralelo com a alteração significativa nos limiares paramétricos em função da área geográfica, a introdução de novos parâmetros com uma monitorização mais regular, entre outras.

Para acompanhar as alterações que estão a decorrer em várias Diretivas, é necessário rever a DQA incorporando novas estratégias para a adaptação às alterações climáticas, através de uma maior harmonização entre os Estados-Membros para a implementação dos PGRH e do reforço dos mecanismos de cooperação transfronteiriça para melhor gerir os rios

partilhados e garantir uma resposta coordenada no uso sustentável dos recursos hídricos a longo prazo.

Nos últimos anos, os fenómenos climáticos extremos geraram pressão para melhorar e intensificar os mecanismos de gestão conjunta. Neste contexto, Portugal e Espanha, intensificaram recentemente a monitorização dos caudais dos rios partilhados, passando de uma monitorização trimestral para mensal. Esta medida visa uma melhor troca de informações e a implementação de metodologias comuns para lidar com situações de escassez e inundações. Ou seja, apesar de um conjunto de dificuldades, de diferente natureza, Portugal e Espanha continuam a trabalhar em conjunto para encontrar soluções comuns, como é o caso, por exemplo, da recente decisão de melhorar os protocolos de partilha e cedência de dados quantitativos e qualitativos.

A cooperação ibérica é fundamental para prevenir o impacto das alterações climáticas, e deve basear-se num planeamento conjunto dos recursos hídricos dos dois países, através do disposto na DQA e numa monitorização alicerçada em informação atualizada, uniforme e pública. Assim, refere-se a necessidade crescente da cooperação internacional de modo a garantir a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos através de uma coordenação de esforços que permita melhorar o conhecimento e consequentemente a sua gestão e planeamento. É fundamental a visão de um desenvolvimento e funcionamento nos processos de gestão e planeamento, onde se identifiquem um conjunto de parcerias institucionais e de relações entre os *stakeholders*, que potenciem a partilha de conhecimentos, metodologias, aplicações e experiências, para evitar redundâncias de ação e também gerar economias com a valorização e reconhecimento dos produtos e resultados finais.

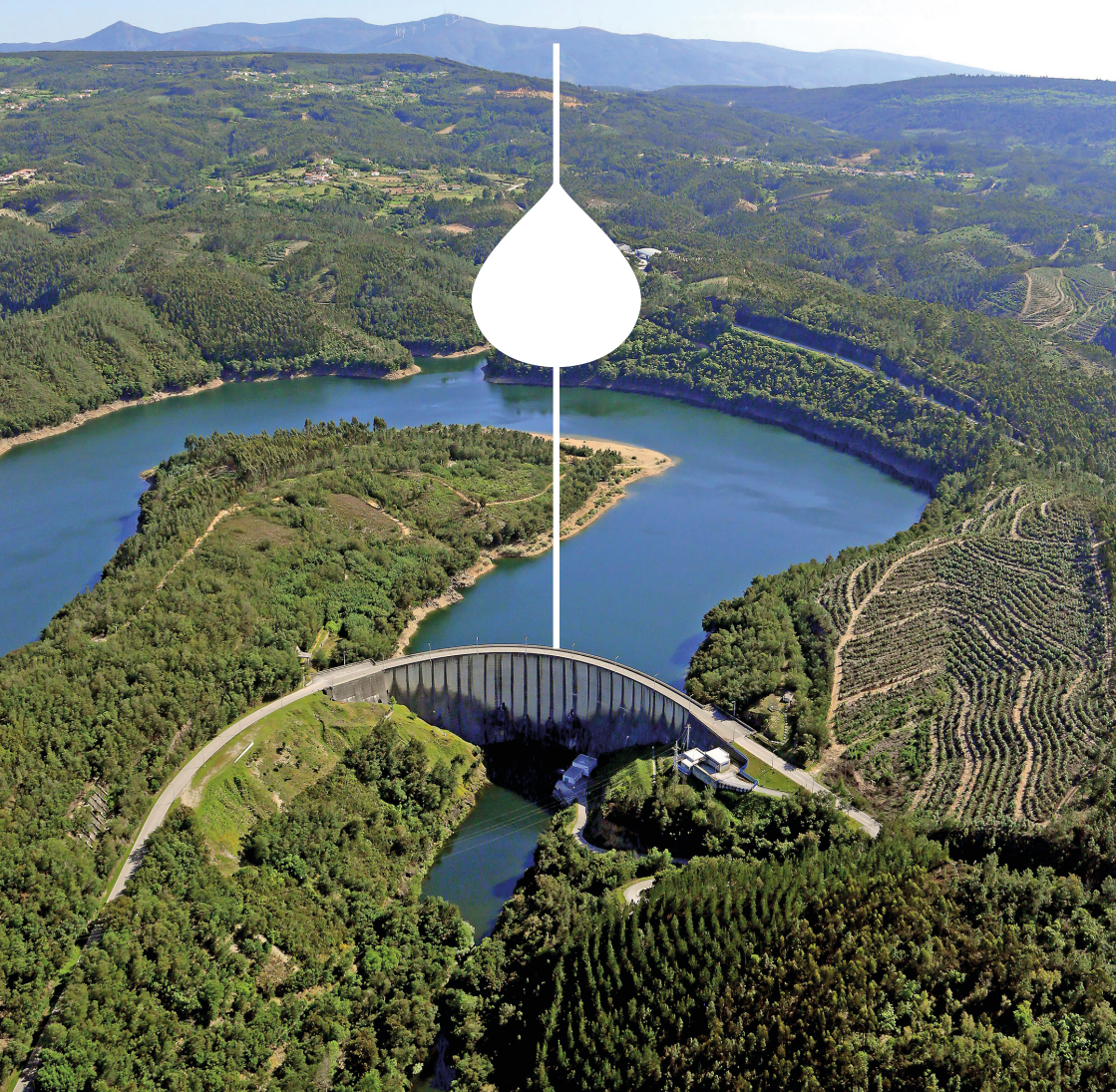
A DQA e as restantes Diretivas continuarão a ser um pilar fundamental para a gestão da água na União Europeia, mas os desafios impostos pelas alterações climáticas impõem novas abordagens. Isso pressupõe soluções inovadoras, maior cooperação internacional e políticas mais flexíveis para trabalhar com a incerteza climática e assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos no futuro.

12. Considerações Finais

Neste “Estado da Arte” dos Recursos Hídricos na região Norte de Portugal, o Núcleo Regional do Norte da APRH procurou destacar os principais desafios, lacunas e oportunidades, abrangendo um diversificado conjunto de temáticas de grande relevância e atualidade, designadamente: os fenómenos extremos e a resiliência hídrica dos sistemas, a gestão de situações seca e escassez, as cheias e inundações fluviais e urbanas, os serviços de águas e infraestruturas associadas, a qualidade dos ecossistemas aquáticos, as soluções baseadas na natureza para adaptação climática e gestão hídrica, as energias renováveis marinhas, as zonas costeiras e riscos associados, as infraestruturas portuárias e a transição energética, a governação e as políticas públicas, assim como a cooperação internacional na gestão dos recursos hídricos. Como foi referido, sendo difícil ser exaustivo nesta análise, a abrangência do trabalho produzido beneficiou da complementaridade de valências e de experiência dos órgãos sociais do Núcleo Regional do Norte da APRH.

CAPÍTULO 10

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO CENTRO



NÚCLEO REGIONAL DO CENTRO

Márcia Lima^{1,2} e Jorge Cardoso Gonçalves³

¹ CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro

² Centro Universitário do Porto (CUP), Universidade Lusófona, Porto

³ Presidente da CD da APRH

Enquadramento

O Núcleo Regional do Centro (NRC) da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH) tem como missão central promover a gestão sustentável, eficiente e equitativa dos recursos hídricos na Região Centro de Portugal, através da colaboração de diferentes *stakeholders*, incluindo autoridades locais, comunidade científica, ONG's e a sociedade em geral. A atuação do NRC visa não apenas a resolução de questões regionais específicas, como a poluição das águas, a erosão costeira e a modernização dos sistemas de abastecimento de água e drenagem, mas também o incentivo ao diálogo entre os diversos intervenientes, com o intuito de alcançar soluções inovadoras para os desafios hídricos que a região enfrenta. Ao promover a investigação, o debate técnico e científico e a disseminação de boas práticas, o NRC procura contribuir para a melhoria da gestão hídrica e para a adaptação às alterações climáticas, alinhando-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU para 2030.

O presente capítulo de livro, da autoria do NRC, surge no contexto do 17º Congresso da Água e resulta de um esforço conjunto para resumir o estado atual dos recursos hídricos na Região Centro de Portugal, nas suas diversas componentes. Pretende proporcionar uma análise abrangente das ameaças, desafios e oportunidades enfrentados pela região no que diz respeito à gestão da água, desde a evolução das últimas décadas até as perspetivas futuras. Traduz-se assim numa oportunidade para refletir sobre a importância da colaboração interinstitucional e a necessidade de uma abordagem integrada na gestão dos recursos hídricos, oferecendo recomendações práticas e estratégias para a melhoria contínua da gestão hídrica na Região Centro, com vista à sustentabilidade e resiliência a longo prazo.

O texto está estruturado em diferentes subcapítulos, cada um abordando uma dimensão específica da gestão dos recursos hídricos na Região Centro de Portugal. Inicialmente, é feita uma análise crítica da relação entre a água e o território nos Planos Diretores Municipais, com foco nas bacias hidrográficas dos rios Vouga e Mondego, evidenciando os desafios do ordenamento do território face à gestão sustentável dos recursos hídricos (secção 1). Seguidamente, são exploradas as interações entre a água e o ambiente (secção 2), bem como a sua relevância para o setor agrícola (secção 3), considerando a crescente necessidade de adaptação a cenários de escassez e variabilidade hídrica. A eficiência hídrica surge como um tema transversal, abordando estratégias para a otimização do uso da água em diferentes setores (secção 4). O capítulo também analisa a gestão do défice sedimentar nas zonas costeiras da região, um problema crítico que afeta a estabilidade e a resiliência do litoral (secção 5). No contexto urbano, discute-se a importância de repensar a colaboração entre o ciclo da água e o planeamento das cidades, promovendo soluções mais integradas e sustentáveis (secção 6). Além disso, são apresentadas reflexões sobre os desafios e oportunidades no campo da inovação (secção 7) e o impacto das tecnologias digitais no setor da água (secção 8), destacando o potencial de novas abordagens para melhorar a eficiência, a monitorização e a gestão dos recursos hídricos na região.

1. Materialização da interface água-território nos Planos Diretores Municipais: uma análise crítica nas Bacias Hidrográficas dos Rios Vouga e Mondego

Carla Rodrigues¹ e Teresa Fidélis²

¹ CERNAS, Escola Superior Agrária de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal, carlar@esac.pt

² GOVCOPP, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal, teresafidelis@ua.pt

Os diferentes tipos e intensidades de utilização dos solos estão frequentemente associados a pressões e perturbações sobre os valores ambientais designadamente a água. A sustentabilidade e a resiliência da água nas bacias hidrográficas dependem muitas vezes de estratégias adequadas de ordenamento do território capazes de promover utilizações e comunidades que respeitem a água. Entre os vários instrumentos de planeamento contam-se as regras de controlo do uso do solo. Estas são fundamentais para a proteção da água, uma vez que podem dissuadir determinados tipos ou intensidades de usos do solo menos adequados à qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos. As regras estabelecidas pelos planos de ordenamento do território são instrumentos relevantes para alcançar objetivos ambientais (OCDE, 2012, 2015; Wurzel *et al.*, 2013; Gunningham e Holley, 2016), para a comunicação de políticas públicas ambientais e territoriais (Norton, 2008) e para promoverem abordagens de governação simples, diretas e transparentes (OCDE, 2017; CE, 2016). Na literatura emergem recomendações importantes como a integração de preocupações ambientais, como os recursos hídricos, no ordenamento do território (Waltham, e Connolly, 2011; Fidélis e Roebeling, 2014) ou serviços ecossistémicos (Rogers *et al.*, 2019) e a restrição de novas opções de desenvolvimento aos limites ambientais em vigor.

Os Planos Diretores Municipais estabelecem o modelo de desenvolvimento espacial, o sistema de zonamento e um conjunto de regras ou orientações para apoiar os processos de decisão e de licenciamento. Estes planos visam atenuar potenciais conflitos, ao longo das bacias hidrográficas, onde o ordenamento do território e a qualidade e uso da água entram frequentemente em divergência. Serrao-Neumann *et al.* (2017) sublinham a importância de planos que abranjam áreas territoriais contíguas com elementos naturais estruturantes partilhados, como estuários e cabeceiras de linhas de água, coordenem os seus modelos de desenvolvimento espacial e assegurem um compromisso mútuo para harmonizar os seus interesses. Christophe e Tina (2015) acrescentam a necessidade de reforçar a eficiência do controlo do uso do solo a nível local e a atribuição precisa de responsabilidades entre os domínios da gestão da água e do ordenamento do território. A relevância das medidas regulamentares para apoiar os decisores é reconhecida por Windolf *et al.* (2012), e Riley *et al.* (2018). Apesar de ser amplamente reconhecida a necessidade de controlar os impactos do uso do solo sobre a água, tem sido dada pouca atenção à forma como os planos municipais estão a estabelecer regras para essa exigência.

O estudo desenvolvido por Rodrigues e Fidélis (2021) avaliou, através da análise de conteúdo, a integração das preocupações com a água nos regulamentos de uso do solo adotados por um conjunto de planos diretores municipais nos territórios localizados nas zonas a montante e a jusante nas bacias hidrográficas do Rio Vouga e do Rio Mondego. Este estudo procurou avaliar se as regras de ordenamento do território estabelecidas para os vários territórios são significativamente

diferentes entre jusante e montante, e como as suas abordagens regulamentares integram a proteção, o uso e a valorização dos recursos hídricos. Para o efeito desenvolveu-se uma ferramenta analítica que consistiu na identificação, classificação e análise de frequência, dos termos relacionados com a água encontrados nos regulamentos dos planos em tópicos associados aos recursos hídricos e massas de água, aos tipos e utilizações da água e às questões territoriais e de risco. A frequência de incorporação de termos relacionados com a água por tipos (i.e., se os termos aparecem numa regra proibitiva, exigida, condicionada, permitida ou incentivada) e objetivos das regras (ou seja, se os termos aparecem em regras aplicadas a tipos de atividades, tipos de práticas e se as regras incluem indicadores quantitativos) foi igualmente considerada pelo estudo. De um modo geral, os resultados mostram que nos regulamentos dos planos afetos a zonas estuarinas, os termos relacionados com a água tendem a ser mais frequentemente mencionados através de regras impeditivas, ou seja, proibitivas, em comparação com os regulamentos dos planos afetos a zonas de montante. Para além disso, estão sobretudo associados a regras sobre atividades, seguidas de práticas e depois de indicadores, ao passo que nos regulamentos dos planos afetos a zonas de montante a utilização destas abordagens é escassa.

Os resultados revelaram uma maior incorporação de termos relacionados com a água nos regulamentos dos planos localizados em zonas de jusante, em torno dos estuários. Paralelamente, é notória uma maior diversidade de temas relacionados com a água, em especial nos relativos a questões de risco territorial, tipos e enfoque das regras nas zonas estuarinas, enquanto nas zonas a montante as abordagens regulamentares parecem mais frágeis. Embora as duas bacias hidrográficas não sejam significativamente diferentes e sejam abrangidas pelo mesmo plano de gestão de região hidrográfica os regulamentos associados aos planos diretores municipais da bacia do Rio Mondego, apresentam diferenças mais significativas de incorporação de termos relacionados com a água entre as zonas estuarinas e de montante comparados com os planos do Rio Vouga. Embora a incorporação de termos relacionados com a água seja globalmente maior em planos mais jovens e, compreensivelmente, em territórios mais artificializados e densos, é visível uma clara distinção da densidade e diversidade das preocupações com a água nos regulamentos de uso do solo dos planos diretores municipais em áreas de jusante em relação aos territórios de montante. Surpreendentemente, os resultados evidenciam fragilidades dos regulamentos de ordenamento do território em zonas a montante que merecem atenção em estudos futuros.

Referências Bibliográficas

- CE, 2016. Regulatory Fitness and Performance Programme (REFIT) and the 10 Priorities of the Commission. COM (2016) 710 Final. Strasbourg.
- Christophe, B., Tina, R., 2015. Integrating water resource management and land-use planning at the rural-urban interface: Insights from a political economy approach. *Water Resources and Economics*, 9, 45-59.
- Fidélis T., Roebeling P., 2014. Water resources and land use planning systems in Portugal – Exploring better synergies through Ria de Aveiro. *Land Use Policy*, 39, 84–95.
- Gunningham, N., Holley, C., 2016. Next-generation environmental regulation: law, regulation, and governance. *Annu. Rev. Law Soc. Sci.* 12, 273–293.
- Norton, D., Hynes, S., 2018. Estimating the Benefits of the Marine Strategy Framework Directive in Atlantic Member States: A Spatial Value Transfer Approach. *Ecological Economics* 151, 82-94.

OCDE, 2012. Measuring Regulatory Performance, Evaluating the Impact of Regulation and Regulatory Policy, Expert Paper Nº 1, August 2012. OECD Publishing, Paris.

OCDE, 2015. Principles on Water Governance. Directorate for Public Governance and Territorial Development. OECD Publishing, Paris.

OCDE, 2017. The Governance of Land Use in OECD Countries: Policy Analysis and Recommendations. OECD Publishing, Paris.

Riley, W.D., *et al.*, 2018. Small Water Bodies in Great Britain and Ireland: Ecosystem function, human-generated degradation, and options for restorative action. *Science of the Total Environment* 645, 1598-1616.

Rodrigues, C., Fidélis, T., 2021. Distinctive features of spatial planning nearby estuaries – An exploratory analysis of water-related rules in municipal master plans in Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 255, 107352.

Rogers, K., *et al.*, 2019. Impacts and adaptation options for estuarine vegetation in a large city. *Landscape and Urban Planning* 182, 1-11.

Serrao-Neumann, S., *et al.*, 2017. Connecting land-use and water planning: Prospects for an urban water metabolism approach. *Cities* 60, 13-27.

Waltham, N., Connolly, R., 2011. Global extent and distribution of artificial, residential waterways in estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 94 (2), 192-197.

Windolf, J., *et al.*, 2012. Changes in nitrogen loads to estuaries following implementation of governmental action plans in Denmark: A paired catchment and estuary approach for analysing regional responses. *Environmental Science and Policy* 24, 24-33.

Wurzel, R.K.W., *et al.*, 2013. Environmental Governance in Europe: a Comparative Analysis of New Environmental Policy Instruments. Edward Elgar Publishing Limited, United Kingdom.

2. Água e ambiente

Ana Paula Malo

Administração de Região Hidrográfica do Centro da Agência Portuguesa do Ambiente, IP

Sendo, como é do senso comum, a água um bem essencial para a vida humana e para o equilíbrio dos ecossistemas, tornou-se um campo de ação que deverá merecer a maior atenção de todos, desde o comum utilizador até aos decisores políticos, quer nacionais quer europeus.

A “Lei de Águas” de 1919 e as reformas subsequentes, especialmente a Lei dos Aproveitamentos Hidráulicos de 1926, estabeleceram as bases para a utilização e gestão dos recursos hídricos, antecipando questões de qualidade e quantidade da água que se tornariam centrais no século XXI.

Com a Lei da Água, transposição para o normativo nacional da Diretiva Quadro da Água (DQA), e de todo o conjunto de legislação complementar em vigor em Portugal foram definidas políticas de gestão e proteção dos Recursos Hídricos que tendem a conduzir ao objetivo ambiental principal de atingir o bom estado de todas as massas de água quer superficiais quer subterrâneas, na gestão dos Recursos Hídricos (RH) por Bacia Hidrográfica.

A gestão dos RH por Bacia Hidrográfica implica o enquadramento necessário de ordenamento do território e gestão ambiental para a proteção das Águas (superficiais interiores, de transição, costeiras e subterrâneas), por forma a que se:

- Evite a degradação, proteja e melhore o estado dos ecossistemas aquáticos e dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente associados;
- Promova um consumo de água sustentável;
- Reforce e melhore o ambiente aquático através da redução gradual ou a cessação de descargas, emissões e perdas de substâncias prioritárias;
- Assegure a redução gradual e evite o agravamento da poluição das águas subterrâneas;
- Contribua para mitigar os efeitos das inundações e secas;

Da aplicação do determinado na DQA e com base nos vários ciclos de planeamento já decorridos para as 8 Regiões Hidrográficas existentes em Portugal Continental, foram classificadas, de acordo com o normativo aplicável, as respetivas massas de água quer superficiais quer subterrâneas. A classificação global que se pode consultar nos Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH) resulta da combinação dos estados potencial ecológico e químico para as águas superficiais.

Da análise dos resultados obtidos após os vários ciclos de planeamento analisados, com a publicação dos PGBH, aparentemente pode concluir-se ter havido uma diminuição do número de massas de água com estado bom ou superior, no entanto ocorreram variados fatores que podem ter influenciado estes resultados, de onde se salientam:

- a realização de uma monitorização mais completa realizada através de métodos diretos, que levou ao conhecimento de parâmetros que colocaram a massa de água em estado inferior a bom;
- a existência de novas pressões significativas que provocaram uma deterioração do estado da massa de água.

Assim, e para mitigar e conduzir a um melhor resultado nos próximos ciclos de planeamento, estão em curso várias medidas onde podem ser ressaltadas diferentes formas de acompanhamento e licenciamento das pressões sobre os recursos hídricos, quer no que respeita à rejeição de águas residuais, captações de água ou requalificação de linhas de água.

No que respeita à rejeição de águas residuais nos meios recetores destaca que em Portugal está a ser implementada a metodologia de abordagem combinada para as rejeições de águas residuais em águas superficiais, já prevista na Lei da Água, que propõe a análise casuística das características do meio recetor versus potencial rejeição, antes da emissão de um Título, e pode induzir à obtenção de maiores valores de eficiência das Estações de Tratamento.

O resultado desta metodologia tem vindo a ser avaliada e deverá ter repercussão significativa nos próximos ciclos de planeamento.

Outras pressões significativas são a captações de água para variados fins (consumo humano, agrícola, indústria, etc.) mais evidenciadas nos últimos anos, nomeadamente associadas à situação de seca meteorológica e escassez que tem ocorrido em Portugal, que, consequentemente se traduz na falta de disponibilidade de água para diversos usos, levando à necessidade de encontrar outras origens de água, como a reutilização de águas residuais, a dessalinização, novas barragens, interligação de sistemas já existentes, entre outras possíveis.

Nesta sequência e havendo sobre-exploração de algumas massas de água, poderemos ter como um bom exemplo de “nova” origem de água, a reutilização de águas residuais tratadas, tendo sido, para o efeito, publicado em 2019 o normativo que regula a utilização de águas residuais tratadas como Água para Reutilização (ApR) - água residual destinada à reutilização e que foi sujeita ao tratamento necessário para alcançar uma qualidade compatível com o uso final pretendido, sem deteriorar a qualidade dos recetores e a saúde, em função dos usos.

Trata-se de uma nova abordagem como origem de água, havendo uma maior constância de disponibilidade e podendo contribuir para melhorar o estado do ambiente, tanto quantitativamente (menos volumes captados) como qualitativamente (menor carga poluente rejeitada para o meio) e uma nova abordagem da forma de análise, sendo necessária a elaboração e análise de avaliação do risco quanto à possibilidade de contaminações microbiológicas ou químicas que poderão afetar de forma adversa a saúde pública e/ou o ambiente.

Verifica-se ainda pouca aceitação na implementação desta metodologia, que inicialmente seria direcionada para as grandes ETAR urbanas, (com grandes e constantes caudais), mas verifica-se a maior parte dos pedidos estão a ser efetuados por unidades de industriais de vários sectores, dada a “dificuldade” de potenciais clientes perto da localização dos grandes produtores.

Outro tipo de medidas com grande impacto para o ambiente tem a ver com a necessidade de reabilitação da Rede Hidrográfica de Portugal, mantendo o carácter multifuncional da paisagem envolvente, garantindo a proteção da biodiversidade e a sustentabilidade do corredor fluvial e conferindo-lhe capacidade de adaptação às alterações climáticas e de resiliência hidrológica, ecológica e social.

A implementação destas medidas, sustentadas na Estratégia Nacional de Reabilitação de Rios e Ribeiras — EN3r, baseiam-se em princípios, normativo e orientações legais, que conduzirão certamente à melhoria do bom estado ecológico das massas de água superficiais, aumentando todas as conectividades nos corredores ribeirinhos.

Todas estas políticas, ações e medidas, encontram-se incluídas na nova Estratégia Nacional a “Água que une”, apresentada recentemente, e que prevê um investimento muito significativo em diversos Planos estruturantes, para executar em Portugal os próximos anos.

Associada a esta Estratégia Nacional, a educação e sensibilização da população desempenham um papel vital, sendo que campanhas de conscientização ambiental podem promover comportamentos sustentáveis, (ex. redução do consumo por redução de perdas, aumento da eficiência, utilização de ApR, etc.), e programas de conservação (de água, de rio e ribeiras, etc.), contribuirão para uma gestão mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos.

Assim será indiscutível que os objetivos ambientais e de proteção de saúde pública serão ambiciosos e de salvaguarda para todos, devendo o esforço que tem vindo a ser desenvolvido nos últimos anos ser continuado e acompanhado, quer pelas entidades Gestoras, pela Tutela, e pela população em geral, e que o princípio da melhoria contínua no desempenho ambiental continue e possa vir a ser reconhecido por Todos.

3. Água e agricultura

Vítor Freitas¹, António Russo², Henrique Damásio³ e José Manuel Gonçalves⁴

¹ *Divisão do Regadio, DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, Lisboa.*

² *Associação de Regantes Baixo Mondego, Montemor-o-Velho.*

³ *Associação de Regantes do Vale do Lis, Monte Real.*

⁴ *Comissão Especializada de Água, Agricultura e Florestas (CEAAF) da APRH, Escola Superior Agrária de Coimbra.*

A água tem um papel fulcral na atividade agrícola, sendo o uso consumptivo da água diretamente relacionado com a produção de biomassa nos agro-sistemas. A agricultura desempenha também um papel peculiar e determinante no ciclo da água em meio rural no que respeita à sua retenção, infiltração e recarga de aquíferos, aliada aos múltiplos benefícios na conservação do solo e da biodiversidade. Estes factos levam à necessidade de um olhar do uso da água em agricultura de uma forma integrada e holística, para que a sua gestão seja equilibrada e que os agro-sistemas sejam sustentáveis.

Nas condições do clima mediterrânico é indissociável a relação da agricultura com o regadio, sendo reconhecido que água e regadio são determinantes na viabilidade económica e futuro da agricultura nacional. Mesmo os sistemas de ocupação do uso dos solos de sequeiro orientados predominantemente para objetivos de natureza ambiental e social, terão quase sempre que contar com áreas complementares de regadio, ou com rega suplementar, que contribuam para a sua viabilidade futura (Avilez, 2020).

Este sub-capítulo descreve sumariamente o regadio da Região Centro, realçando a sua importância, vitalidade e potencialidades para o desenvolvimento regional e nacional. De facto, o regadio contribui não só para a criação de riqueza, mas também para a dinamização do espaço rural, proporcionando melhoria da qualidade de vida e de trabalho das populações, numa perspetiva de bem-estar social e sustentabilidade ambiental. Por outro lado, na estratégia de desenvolvimento rural da Região Centro tem sido reconhecido que o fornecimento de água em qualidade e regularidade é fator de competitividade e que as áreas de regadio são zonas privilegiadas para a produção de bens transacionáveis de qualidade (CCDRC, 2025).

Os Aproveitamentos Hidroagrícolas (A. H.) classificam-se em diferentes grupos, em função da sua dimensão e complexidade (CCDRC, 2025): i) Grandes aproveitamentos, com interesse estratégico regional, de iniciativa estatal, enquadrados nas obras do grupo II, cujos beneficiários estão organizados em Associações de Beneficiários, como são os A. H. do Baixo Mondego, Baixo Vouga, Lis, Cova da Beira e Idanha; ii) Regadios coletivos de interesse local, com maior ou menor impacto coletivo, de iniciativa estatal, enquadrados inicialmente nas obras do grupo III e reclassificados no grupo IV, cujos beneficiários estão normalmente organizados em Juntas de Agricultores, como são os A. H. de Açafal, Alfaiates, Calde, Cerejo, Coutada/Tamujais, Magueija, Mortágua, Pereiras, Porcão e Vermiosa; e iii) Regadios coletivos tradicionais, de iniciativa dos beneficiários associados normalmente em Juntas de Agricultores, isoladamente ou em conjunto com as autarquias, enquadrados nas obras do grupo IV.

Os dados de superfície agrícola útil, equipada e regada, de superfície média por exploração agrícola, e as dotações médias de rega relativos à Região Centro (referentes às regiões agrícolas da Beira Litoral e Beira Interior) estão apresentados no quadro seguinte (fonte: Instituto Nacional de Estatística, RA09).

Região agrícola	Superfície agrícola útil	Superfície regada (equipada)		Superfície regada		Dimensão da exploração agrícola	Uso de água
	(ha)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha/expl.)	(m³/ha)
Beira Litoral	125 436	61 116	49%	51 314	41%	1.4	8 253
Beira Interior	337 031	49 580	15%	35 649	11%	2.3	7 929

A estrutura da origem da água de rega (%) é a seguinte (INE, RA09):

Região agrícola	Superficial			Subterrânea			Outra
	Albufeira açude ou charca	Curso de água ou lago natural	Outra(s)	Furo ou poço	Nascente	Outra(s)	
Beira Litoral	3.35	14.41	0.42	69.41	10.76	0.20	0.22
Beira Interior	15.24	13.72	0.67	60.19	9.57	0.42	0.19

De seguida apresentam-se descrições do ponto de situação de três aproveitamentos hidroagrícolas da Região Centro, que exemplificam o valor e o potencial do regadio e da agricultura na região.

Estudo de caso 1: Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova

O Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova (AHIN), cujo contrato de concessão para gestão se encontra a cargo da Associação de Regantes e Beneficiários de Idanha-a-Nova (ARBI), com sede no Ladoeiro, concelho de Idanha-a-Nova, é um dos Aproveitamentos Hidroagrícolas mais antigos do País, encontrando-se em exploração há mais de 75 anos. O AHIN engloba as Obras nº 8 e nº20 da JAOHA, beneficiando uma área de 8.459 hectares, situados nos concelhos de Idanha-a-Nova (98,5%) e Castelo Branco (1,5%). Este regadio tem a sua origem de água na Barragem Marechal Carmona, situada no Rio Ponsul, com uma capacidade de armazenamento de 78,1 hm³ à cota NPA 255,50. A Barragem possui uma central hidroelétrica, a partir da qual se desenvolve uma rede de rega gravítica, constituída por canais e regadeiras em betão, com 117 e 176 km de extensão, respetivamente. Existem ao longo do percurso duas estações elevatórias, em que a água é elevada a cotas mais altas, a partir das quais, a distribuição para o regadio continua de forma gravítica. As infraestruturas do AHIN têm sido objeto de algumas intervenções de reabilitação, no entanto, apesar dos esforços de conservação, as mesmas apresentam elevado desgaste, o que acarreta custos muito significativos ao nível de intervenções de manutenção e reparação, por outro lado, este tipo de sistema de rega gravítico, com canais a céu aberto, caracteriza-se também por uma baixa eficiência na rede de distribuição, com perdas de água significativas, que atingem 30 a 40%.

Em termos históricos, a adesão ao regadio foi reduzida, em torno de 20 a 30%, contudo, fruto da elevada procura recente por terras de regadio por parte de empresas e grupos económicos ligados ao agronegócio, nos últimos 5 anos essa tendência inverteu-se, e, hoje a adesão ao regadio do AHIN situa-se acima dos 50%, sendo expectável que a curto-médio prazo, 3 a 4 anos, a adesão se situe em torno dos 80%.

A disponibilidade de água, em conjunto com a qualidade e aptidão dos solos, têm sido fatores determinante para o progresso

desta região. Em termos de ocupação cultural, destaca-se que nos anos 1950 a 60, a principal cultura era o tomate, entre os anos 1980 até 2010, passaram a ser a produção de tabaco e o milho as principais culturas. Entre 2010 e 2017 a ocupação principal do regadio foram as forragens e o milho. A partir de 2017 começaram a ser instaladas grandes áreas de culturas permanentes, com predominância de amendoal, olival e nogal, as quais já representam atualmente cerca de 80% da área regada.

Perante este cenário, que se caracteriza, por um lado, pela constante e crescente procura na região por terras de regadio, e, por outro lado, pela baixa eficiência do modo de transporte e distribuição da água para rega, em canais a céu aberto e de forma totalmente gravítica, a ARBI lançou 2 Concursos Públicos, no âmbito de duas candidaturas aprovadas no PDR2020, ao abrigo da medida 3.4.2 Melhoria da Eficiência dos Regadios Existentes, as quais têm por objeto a Elaboração dos Projetos de Modernização do AHIN.

Nesses projetos está prevista a alteração de todo o sistema de distribuição de rega. A modernização preconizada, tem como pressuposto a utilização mais eficiente do recurso precioso água, o que passará pela substituição, praticamente integral, da rede de canais de rega e outras estruturas que lhes estão associadas, e que já ultrapassam o normal período de vida útil, por uma nova rede de rega em condutas enterradas e em circuito fechado, suportadas em reservatórios impermeabilizados e em duas modernas estações elevatórias, as quais terão também associadas unidades de produção fotovoltaica para redução dos consumos energéticos, tornando assim toda a infraestrutura do AHIN mais eficiente.

Neste contexto, a modernização do AHIN é essencial e prioritária, sendo o regadio fundamental para se garantir a viabilidade da agricultura na região, contrariando-se a tendência de despovoamento das regiões rurais do interior.

Estudo de caso 2: Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego

O Aproveitamento Hidroagrícola do Baixo Mondego desenvolve-se ao longo da baixa aluvionar do rio Mondego e vos vales secundários, desde Coimbra até à zona estuarina próxima da Figueira da Foz, beneficiando uma área total da ordem dos 12 290 hectares.

A obra de rega foi iniciada no final dos anos de 1980 e constitui a componente de infraestruturação agrícola do Aproveitamento de Fins Múltiplos do Mondego. O fornecimento de água para a agricultura é feito através do Canal Condutor Geral do Mondego, obra com mais de 40 km de desenvolvimento e que também serve a componente urbana e industrial.

O Baixo Mondego caracteriza-se pelo seu minifúndio, o que obrigou a uma intensa ação de emparcelamento rural integral, que ainda não está concluída, mas que é o único exemplo nacional de sucesso. Também ainda falta infraestruturar cerca de 45% da área total do empreendimento. A obra de rega serve cerca de 2 000 beneficiários que trabalham cerca de 16 600 prédios rústicos.

Em termos agrícolas, a cultura do milho predomina nas zonas de melhor drenagem (a montante), enquanto o arroz ocupa quase em exclusivo os solos terminais de jusante, com deficiente drenagem. Praticar-se quase em exclusivo a rega por gravidade, por sulcos e alagamento, mas em algumas explorações agrícolas utiliza-se a rega localizada e a aspersão.

As principais condicionantes do desenvolvimento hidroagrícola da região é a dimensão da propriedade, as limitações de drenagem e a falta de energia solar suficiente para tirar melhor partido do potencial vegetal.

Estudo de caso 3: Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis

O Perímetro Hidroagrícola do Vale do Lis, situado no Norte do Concelho de Leiria e Norte do Concelho da Marinha Grande, tem uma história que se confunde com o início da história de Portugal! Atendendo a que a utilização das águas nesta região, remonta ao período Romano (embora para outros fins), é no Reinado de D. Dinis, que surgem as primeiras obras de regularização, com vista ao Aproveitamento Hidroagrícola (obras essas, nesse tempo a cargo dos monges Cistercienses). Estas obras centravam-se sobretudo na execução de valas de enxugo, já que mesmo nesse tempo a drenagem destes campos com utilização agrícola era fulcral para o seu desenvolvimento.

Muito mais tarde e já em 1787, devem-se ao Eng.º Reynaldo Oudinot a execução da correção do leito e fixação da barra do Rio Lis, que apresentava prejuízos para as populações ainda antes de ter sido concedido foral à cidade de Leiria.

Em conjugação com as valas existentes das obras anteriores, Oudinot dotou os “Campos do Ulmar” (como era conhecido anteriormente o hoje designado Perímetro Hidroagrícola do Vale do Lis), com um sistema de valas para a rega em sistema Gravítico. Em 1945 e até 1957 assistimos à implementação da designada Obra do Lis, que dotou esta área de regadio a fio-de-água, com um sistema de Açudes, Canais, Caleiras e sifões, de modo a ter uma rede de distribuição de água para rega, ainda em sistema gravítico, bem como estações automáticas de drenagem, capazes de procederem ao enxugo dos campos agrícolas em épocas de maior pluviosidade, havendo uma exceção a esta questão, que tem a ver com uma área de cerca de 150 ha em que a Drenagem é absolutamente imprescindível para manter os terrenos agricultáveis. Esta área com as características de um Polder tem também uma curiosa questão associada – o fator que presidiu à sua execução estava relacionado com a Saúde pública (por causa da problemática de águas estagnadas, protozoários, inseto vetor e posterior infeção de Paludismo). Na tomada de decisão para a execução desta obra (45-57), esteve sempre presente também, a questão da Segurança Nacional, por via da necessidade de autossuficiência alimentar em caso de conflitos internacionais graves.

Já no século XXI, tem início a reconversão do sistema de rega utilizado desde o início, com a introdução do sistema pressurizado, ou seja, disponibilização de água para rega 24 h por dia/365 dias ao ano, ainda dotada de contabilização individual em metros cúbicos. Não sendo um processo instantâneo, prolongar-se-á a implantação deste método em toda a área até cerca do Ano 2030. Como externalidade negativa, a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis, como entidade gestora do Perímetro Hidroagrícola do Vale do Lis desde 13 de Setembro de 1948 (data do seu Alvará), luta diariamente com a questão da impermeabilização da área envolvente ao Perímetro, imputando esta área concomitante pesados encargos com a drenagem, que na maioria dos casos foi erradamente direcionada para valas da rede secundária de defesa contra cheias, obrigando por esse motivo ao dispêndio de grandes recursos financeiros para fazer face a estes custos. Resta acrescentar, que num cenário de alteração do padrão climático, como se constata atualmente, o Vale do Lis será com certeza uma área apetecível para a implementação de culturas, sobretudo as que utilizam água sob pressão como método de rega.

Estudo de caso 4: Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira.

O Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira (AHCb) é um aproveitamento de fins múltiplos, beneficiando uma área de 12 500 ha através da rega sob pressão, assegurando o fornecimento de água para abastecimento público e tendo ainda uma componente de produção de energia elétrica – central mini-hídrica da Meimoa, com potência instalada de 6 MW.

O sistema de captação e armazenamento é constituído pelas albufeiras do Sabugal e da Meimoa, sendo o caudal transferido

entre elas através do circuito hidráulico Sabugal-Meimoa. A principal infraestrutura de transporte de caudal tem início na Barragem da Meimoa e consiste no Canal Condutor Geral (CCG), com um comprimento de cerca de 57 km o qual constitui a rede primária de rega do Aproveitamento Hidroagrícola. Associado ao CCG encontram-se diversas estruturas de compensação dos volumes transportados, constituídas por reservatórios semi-escavados, barragens de aterro e dois canais – reservatórios (Meimoa e Escarigo). A partir das tomadas diretas no CCG, ou associadas a estruturas de compensação (reservatórios ou barragens), desenvolvem-se as redes secundárias de rega que distribuem a água aos prédios beneficiados, integrados nos diferentes blocos de rega. A água para rega é captada na Barragem da Meimoa – tomada zero -, sendo conduzida no CCG que se desenvolve a meia-encosta, não sendo necessário recorrer a infraestruturas de elevação para se dispor de uma carga natural mínima de 3,5 bar em todos os hidrantes. A 28 de junho de 2009, o ex-MADRP, representado pela Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), celebrou um Contrato de Concessão com a Associação dos Beneficiários da Cova da Beira (ABCB), para a gestão – conservação, exploração e reabilitação -, em regime de exclusividade, das infraestruturas do AHCB e respetivos equipamentos. A rede secundária de rega é constituída por 8 blocos de rega, perfazendo uma extensão total de condutas de 504 km. Na figura seguinte apresenta-se o esquema geral do AHCB, faltando a representação do último Bloco construído - Bloco do Colmeal da Torre, 140 ha -, concluído em 2015.

A construção da Barragem da Meimoa terminou em 1985. A Barragem do Sabugal foi concluída em 2000. O primeiro Bloco a ser construído foi o Bloco da Meimoa, com execução entre os anos de 1987 e 1995. O último Bloco a ser construído foi, como acima se referiu, o Bloco do Colmeal da Torre, como extensão do Bloco de Belmonte, em 2015.

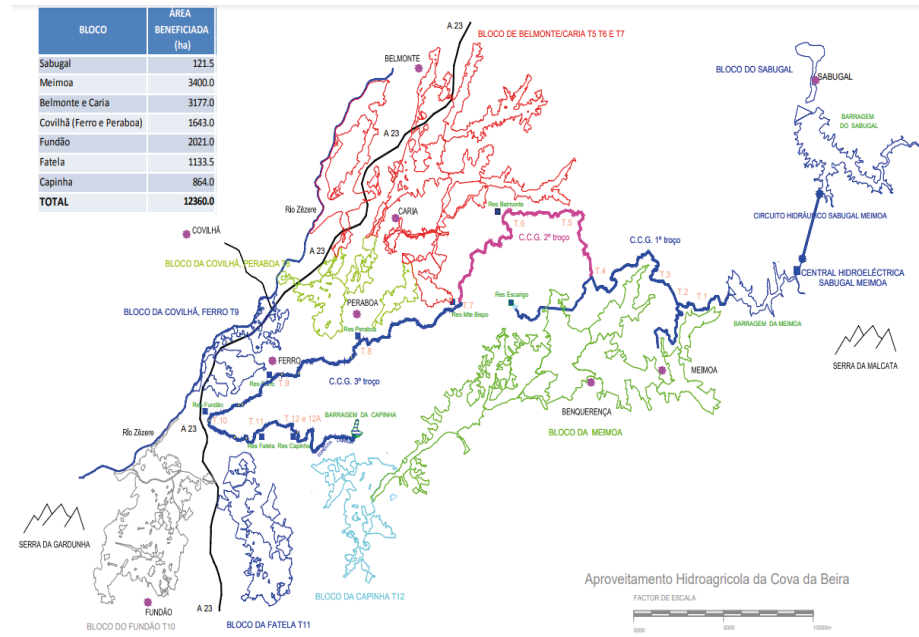
Em 2023 apresentou-se uma candidatura, aprovada no PDR2020, ao abrigo da medida 3.4.2 Melhoria da Eficiência dos Regadios Existentes, que deu origem a um Concurso Público n.º 01/ABCB/2024, que tem por objeto a elaboração de projetos de execução para a Modernização do Bloco de Rega mais antigo – Meimoa, a Reabilitação do primeiro troço do CCG e a Automatização e telegestão das infraestruturas do AHCB.

Desde o início da exploração do AHCB as culturas de regadio predominantes foram o milho, os prados e forragens, os pomares e as hortas. Nos últimos anos houve um grande incremento da área de amendoeira e de vinha (esta com menos expressão que o amendoeira), que parece ter estabilizado em 2023- 2024.

Na campanha de rega de 2024, beneficiaram da água para regadio, 3023 regantes, tendo-se regado 5100 hectares (41% da área beneficiada). A título precário (fora do perímetro de rega) foram regados 2400 ha. Total de área regada em 2024 – 7500 ha.

As culturas regadas predominantes são o milho, prados e forragens, pomar (cerejeiras, pessegueiros e outros), amendoeira e horta.

No último quinquénio a área regada dentro do perímetro de rega tem rondado os 5100 ha, com um máximo de 5300 ha registados em 2023.



Referências Bibliográficas

ABCB - www.abcb.pt/

Avillez, F. 2020. A água é um fator de importância estratégica para o futuro da agricultura em Portugal. AGROGES, Lisboa.

CCDR - www.ccdrc.pt/pt/areas-de-atuacao/agricultura-e-pescas-2/regadio-e-aproveitamentos-hidroagricolas/

DGADR – www.dgadr.pt

4. Eficiência hídrica

Armando Silva Afonso^{1,2} e Carla Pimentel Rodrigues¹

¹ CERIS e ANQIP, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro

² WFEO - World Federation of Engineering Organizations (Committee on Water)

O presente contributo centra-se na eficiência hídrica em meio urbano, concretamente no sector predial. Deve salientar-se, à partida, que o conceito de eficiência hídrica é relativamente vago entre nós, englobando muitas vezes o recurso a origens alternativas, a reutilização da água, a recirculação da água ou mesmo a redução de perdas e desperdícios. Em diversos países encontramos, contudo, uma interpretação diferente, defendendo que estes conceitos, no seu conjunto, traduzem medidas de “conservação de água” e que o conceito de “eficiência hídrica” deve ter uma interpretação restrita, reservada à eficiência nas utilizações finais. O que exclui deste conceito de eficiência hídrica, por exemplo, a redução de perdas nas redes públicas.

A tendência em Portugal é, efetivamente, no sentido de uma interpretação generalista, talvez pelo facto de a questão merecer entre nós pouca atenção, não estimulando um aperfeiçoamento dos conceitos. Com efeito, nos fóruns de discussão e nos documentos estratégicos para o sector urbano em Portugal, a eficiência hídrica ou a conservação da água nos edifícios não merece, em regra, mais do que um parágrafo generalista de boas intenções, sem substância em termos de consolidação concreta de propostas ou soluções.

Ao contrário do que sucede com a energia, por exemplo, o sector da água em Portugal tarda em perceber que o atual paradigma de gestão urbana da água, herdado de finais do século passado e então suportado por amplos fundos comunitários, dificilmente pode ser mantido, por razões técnicas, económicas e ambientais. As novas abordagens impõem que os edifícios sejam integrados no modelo, fazendo parte da solução e não do problema, o que vem reforçar a importância da eficiência nos edifícios. Assim, à semelhança das Comunidades de Energia Renovável, na energia, poderemos e deveremos considerar também a existência de “Comunidades Urbanas da Água” nos futuros modelos de gestão urbana.

Perguntar-se-á, certamente, qual a razão de a abordagem a este tema ser enquadrada pelo Núcleo Regional do Centro da APRH. O principal motivo é o facto de o “centro de gravidade” da indústria sanitária em Portugal estar na zona de Aveiro. Não pode deixar de se salientar que é uma indústria de topo a nível internacional, atenta às tendências e necessidade do mercado, que cedo se apercebeu de que era importante produzir produtos que dessem resposta às crescentes preocupações de sustentabilidade e eficiência. Por isso, nas últimas décadas, tem estado na Região Centro o principal motor da eficiência hídrica no sector predial em Portugal. Enfrentando, naturalmente, as dificuldades habituais entre nós na aceitação das iniciativas da sociedade civil e as limitações de quem está longe dos centros de decisão.

Em rigor, nem todas as iniciativas neste âmbito nasceram na Região Centro. O que podemos considerar como primeiro marco para a eficiência hídrica em Portugal foi um estudo do LNEC, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), divulgado em 2001, mas que foi rapidamente ignorado e nunca verdadeiramente implementado. A mesma sorte teve a tentativa de o reanimar, em 2012, tendo sido esquecido de forma ainda mais célere.

Também a Assembleia da República teve algum desassossego em relação à necessidade de um uso racional da água nos edifícios em Portugal, tendo aprovado, em 2011, a Resolução 19/2011, que recomendava o aproveitamento de águas pluviais em edifícios públicos e, em 2022, a Resolução 85/2022, visando a reutilização de água em novas construções. Mas quem conhece estas Resoluções? Quem teve alguma preocupação no sentido da sua aplicação? Ou quem as integrou nos planos e estratégias nacionais? É certo que falta uma peça em Portugal para permitir a correta implementação destas medidas: um novo quadro regulamentar, dado que o atual, dos anos 90, não está minimamente adequado. Mas este assunto será abordado mais à frente.

Pode ainda referir-se, em 2015, a atribuição à ADENE de competências no âmbito da eficiência hídrica, focadas no nexo água-energia, e, em 2020, o lançamento da Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas, valorizando os produtos eficientes, mas, infelizmente, de aplicação voluntária. A nível central, pouco mais há a referir de relevante.

Retorne-se, por isso, à Região Centro, sendo inevitável referir aqui o papel da ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais). Esta Associação surgiu em 2005, por iniciativa de empresas do sector sanitário em ligação com a Universidade de Aveiro, visando qualificar o sector, incluindo naturalmente a promoção da eficiência hídrica.

A ANQIP rapidamente procurou desenvolver diversas Especificações Técnicas para apoiar a eficiência e a conservação da água no sector predial. A primeira iniciativa foi a publicação, em 2007, de uma Especificação Técnica (ETA) para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em edifícios, adaptada à nossa realidade. A ETA 0701 foi desenvolvida por uma Comissão Técnica que incluía especialistas de diversos países, tornando-se Portugal um dos primeiros países europeus a dispor de um documento técnico para a conceção, projeto, construção e exploração de SAAP. No mesmo ano, visando colmatar a omissão regulamentar que existia em relação a estes sistemas, editou a ETA 0702, possibilitando uma certificação técnico-sanitária destes sistemas de águas não potáveis, uma abordagem pioneira a nível europeu, que seguiu as recomendações do *Blueprint Water* da CE sobre a necessidade de garantir a segurança sanitária destes sistemas.

Em 2008, procurando a sensibilização dos consumidores para a eficiência nos dispositivos, a ANQIP lançou o seu esquema de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos (o rótulo ANQIP), o primeiro na Europa (a par com o EBF) e hoje reconhecido e aceite em diversos países, com milhares de produtos já rotulados. Embora esteja em desenvolvimento um rótulo unificado europeu (UWL), ele não irá eliminar o rótulo ANQIP, mas antes integrar este esquema.

À semelhança das águas pluviais, a ANQIP desenvolveu, em 2009, duas Especificações Técnicas (ETA 0905 e ETA 0906) para os Sistemas Prediais de Aproveitamento de Águas Cinzentas (SPRAC) e para a sua certificação técnico-sanitária.

Ao contrário do que sucede em relação à eficiência energética (onde o conteúdo específico das auditorias está publicado em Portaria), no caso da eficiência hídrica ninguém sabe verdadeiramente em Portugal o que deve ser uma auditoria de eficiência hídrica, que alguns entendem que é apenas colocar redutores nas torneiras. Assim, procurando criar um referencial apropriado, foi também desenvolvida pela ANQIP, em 2011, uma metodologia para auditorias de eficiência hídrica (“Auditaqua”).

Se é verdade de que existe em Portugal a ideia de que estamos muito atrasados no que se refere à implementação da eficiência hídrica nos sectores predial e urbano, constata-se, em aparente contradição, que dispomos de ferramentas pioneiras e tecnicamente avançadas neste domínio. O que falha então?

Faltará, certamente, alguma sensibilização, interesse ou vontade de promotores, decisores e cidadãos, mas, acima de tudo, falta a regulamentação necessária para a implementação dos instrumentos de que já dispomos, visando uma melhor eficiência hídrica (e conservação de água) nos sectores predial e urbano. Neste contexto, será suficiente notar que, na revisão do atual Regulamento Geral (DR 23/95), iniciada em 2012, foi previsto um capítulo específico na parte predial para a eficiência hídrica nos edifícios, englobando a necessária regulação das diversas medidas de conservação de água, mas, apesar de a revisão ter sido concluída em 2018, o novo regulamento continua por publicar...

5. Zonas costeiras: Gestão do défice sedimentar na região centro de Portugal - estado de arte e desafios futuros

Ana Margarida Ferreira¹ e Márcia Lima^{1,2}

¹ CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro

² Centro Universitário do Porto (CUP), Universidade Lusófona, Porto

As múltiplas oportunidades oferecidas pelas zonas costeiras, quer económicas, quer recreativas, levaram a uma crescente fixação de pessoas e bens nesses territórios, e as previsões indicam uma intensificação da sua ocupação a nível global (Duedall & Maul, 2005). Contudo, a evolução da posição da linha de costa evidencia que largas extensões do litoral apresentam problemas de erosão costeira, sendo estimado que 24% das praias do mundo estão em situação de erosão, com taxas de recuo da linha de costa que excedem os 0.5 m/ano (Luijendijk *et al.*, 2018). Esta tendência erosiva aumenta a vulnerabilidade das pessoas e bens expostos às ações energéticas do mar que originam conflitos entre a ocupação humana dos territórios costeiros e a evolução da posição da linha de esta. A tendência para a existência de conflitos fica ainda mais exacerbada em contexto da aceleração dos efeitos negativos das alterações climáticas (Nicholls *et al.*, 2007; Voudoukas *et al.*, 2020). Dados da Agência Portuguesa do Ambiente mostram que Portugal não é exceção, estimando que 20% da linha de costa (cerca de 180 km) está em erosão, sendo esta percentagem superior no litoral arenoso (cerca de 45%), REA (2025).

A região centro de Portugal continental com uma extensão de linha de costa de aproximadamente 230 km, compreende as praias do distrito de Aveiro até ao distrito de Leiria. Este território localiza-se a Sul da embocadura do Rio Douro e identificam-se ao longo da sua extensão costeira a existência de múltiplos aglomerados populacionais e duas importantes infraestruturas portuárias (Porto de Aveiro e Porto da Figueira da Foz). O setor costeiro está exposto à agitação marítima do Atlântico, caracterizado por um clima energético, com valores médios de altura significativa de onda entre os 2.0 e 2.5 m, que podem atingir os 8.0 metros em eventos de tempestade (Costa *et al.*, 2001; Coelho, 2005). Este clima origina um transporte sedimentar médio anual estimado em cerca de 1 milhão de metros cúbicos (Santos *et al.*, 2014).

A forte exposição às ações energéticas do mar, combinada com a redução do caudal sedimentar do rio Douro para o setor costeiro e com as intervenções humanas no litoral que bloqueiam o transporte natural de sedimentos, resultou em significativos défices sedimentares (Coelho, 2005). Como consequência, assistiu-se a acentuados recuos da linha de costa ao longo da extensão costeira a Sul da Foz do Douro, tornando-se a região centro de Portugal uma das áreas do país mais fatigadas pelos efeitos negativos da erosão costeira (Santos *et al.*, 2014; Lira *et al.*, 2016). Os resultados mais recentes de monitorização apresentados pelo REA (2025) referem que, entre 1958 e 2023 a perda de território costeiro de Portugal continental foi de aproximadamente 13,5 km² (1 350 ha) e que entre 2010 e 2021, a extensão de linha de costa em erosão se mantém praticamente inalterada. No entanto, os troços de Cortegaça – Furadouro e Cova-Gala – Costa de Lavos apresentam tendência erosiva instalada de longo prazo, verificando-se inclusive uma ligeira aceleração no médio e curto prazo dos valores de recuo da linha de costa enquanto que o troço costeiro entre a Costa Nova – Praia de Mira (norte), apesar da tendência erosiva de longo prazo, mostra uma diminuição das taxas de erosão e alguma estabilidade relativa no médio e curto-prazo.

Na tentativa de fixar a posição da linha de costa e proteger as populações, na década de 70 e 80 do século passado foram construídas várias estruturas de defesa costeira, como obras longitudinais aderentes e esporões, nas praias da região centro de Portugal (Veloso-Gomes *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2014). Nas últimas décadas, a evolução do conhecimento sobre os impactos negativos dessas estruturas na evolução da posição da linha de costa e o reconhecimento da necessidade de mitigar o défice sedimentar levou a uma mudança de paradigma sobre as intervenções no litoral e a realização de alimentação artificial de sedimentos passou a ser a técnica preferencial para intervir (Pinto *et al.*, 2020). Segundo o REA (2025), as sucessivas intervenções de alimentação artificial levaram a uma atenuação do processo erosivo, fazendo com que a intervenção ficasse preconizada *“como uma das principais medidas de proteção/defesa costeira consagradas em Portugal, sendo considerada uma medida de adaptação ajustada às consequências das alterações climáticas (por exemplo, subida do nível médio do mar), com o objetivo de mitigar os fenómenos de erosão costeira e de galgamento que previsivelmente se virão a agravar num futuro próximo”*.

A gestão do défice sedimentar constitui, portanto, um importante desafio na região centro de Portugal continental. A alimentação artificial de sedimentos ao atuar sobre a causa do problema, o défice sedimentar, tem permitido mitigar os efeitos negativos da erosão. No entanto, subsistem ainda dúvidas sobre a eficácia e sustentabilidade da medida a longo-prazo (de Schipper *et al.*, 2021; Coelho, 2023).

A resposta futura aos desafios associados à erosão costeira e à mitigação do défice sedimentar na região centro de Portugal passa, em grande parte por melhorar o conhecimento sobre as intervenções de mitigação do défice sedimentar, nomeadamente as alimentações artificiais de sedimentos. Para isso, é necessário colmatar lacunas que ainda subsistem sobre a compreensão da evolução das intervenções, discutir os impactos físicos da medida na evolução da morfologia, tempos de permanência, custos e benefícios. A concretização deste objetivo envolve diferentes vertentes interligadas, que incluem o desenvolvimento e implementação de ferramentas e planos de monitorização, o melhoramento e/ou desenvolvimento de ferramentas numéricas de evolução do litoral, a identificação e otimização de medidas complementares e o melhoramento e/ou desenvolvimento de metodologias e ferramentas de apoio à tomada de decisão.

A especificidade dos problemas da erosão costeira faz com que o conhecimento do histórico da evolução seja um elemento fundamental na identificação das causas do problema da erosão, no entendimento dos processos e dinâmica sedimentar e na análise do desempenho de intervenções, permitindo auxiliar o processo de tomada de decisão (Pinto *et al.*, 2021). Desta forma, a realização de intervenções de alimentação artificial de sedimentos deve ser acompanhada de planos de monitorização a longo prazo e de acesso gratuito que incluam a evolução da morfologia, como batimetria, linha de costa, sistema dunar, etc., e agentes forçadores como ondas, marés e vento.

Ao permitem projetar evoluções futuras e comparar o desempenho físico de diferentes intervenções, as ferramentas numéricas de evolução do litoral têm potencial para auxiliar a gestão costeira. Contudo, como essa gestão requer análises de médio/longo-prazo (anos), os esforços na capacidade de modelação devem centrar-se no desenvolvimento de modelos de médio/longo-prazo que, com baixo esforço computacional, sejam capazes de combinar vários processos e fornecerem resultados de diferentes parâmetros morfológicos com interesse para a gestão costeira. Esse tem sido um dos atuais focos de investigação da comunidade científica, verificando-se o surgimento de modelos de médio/longo-prazo orientados para auxiliar a gestão costeira que procuram descrever as interações entre múltiplos processos de evolução do litoral, bem como

a evolução de diferentes indicadores morfológicos úteis para a gestão costeira e tomada de decisão, como posição da linha de costa, posição da duna e volume, eventos de galgamento, largura praia, etc. (Antolínez *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2024).

Mantendo-se a política de mitigar a erosão costeira na região costeira de Portugal através de alimentação artificial de sedimentos, as ferramentas de modelação podem ser instrumentos valiosos para auxiliar o projeto das intervenções. A sua aplicação possibilita a discussão de parâmetros de projeto como local de deposição dos sedimentos, volume, regularidade de intervenções, etc., contribuindo para a otimização de recursos naturais e económicos. Para além disso, elas têm potencial para auxiliar a compreensão de lacunas de conhecimento que ainda subsistem sobre a evolução e o impacto das alimentações artificiais na evolução da morfologia (Coelho *et al.*, 2020, 2024; Ferreira & Coelho, 2021; Mendes *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2022).

Face aos diferentes interesses sobre o litoral, o processo de decisão sobre intervir e onde intervir é complexo e envolve múltiplas perspetivas. Neste contexto, é importante a aplicação de metodologias e ferramentas de apoio à tomada de decisão, como análises custo-benefício e processos participativos. As análises custo-benefício são ferramentas que permitem ponderar os custos e benefícios das intervenções a várias escalas temporais, auxiliando a gestão costeira na comparação e priorização de medidas. Aplicada a intervenções de déficit sedimentar, estas ferramentas permitem otimizar recursos e o planeamento temporal de recursos materiais e económicos para as realizar (Lima, 2018; Coelho *et al.*, 2022; Pais-Barbosa *et al.*, 2023; Ferreira *et al.* 2023). As abordagens participativas são essenciais para o processo de tomada de decisão sobre a gestão costeira, uma vez que permitem colocar em discussão as diferentes perspetivas dos diferentes *stakeholders* com interesses no litoral (Matos *et al.*, 2022).

Em conclusão, os desafios futuros da gestão costeira na região centro de Portugal concentram-se na implementação de medidas de médio/longo prazo, focadas na mitigação dos impactos negativos da erosão e na redução da exposição de pessoas e bens. Para isso, em contexto de recursos limitados, é essencial identificar as áreas a intervir, priorizar medidas e otimizar os benefícios das intervenções implementadas. Essa otimização exige um maior controlo da evolução do litoral e descrição dos processos e dinâmica sedimentar por meio de monitorização e por uma maior capacidade de descrever evoluções futuras, considerando vantagens e desvantagens, custos e benefícios. O desenvolvimento tecnológico tem potencial para auxiliar esta otimização de recursos, quer por meio de ferramentas de monitorização, quer por meio de ferramentas de modelação e apoio à tomada de decisão. Dada a diversidade de interesses e perspetivas relacionadas com o litoral, o processo de tomada de decisão deve ser participado e integrador, envolvendo os múltiplos *stakeholders*, incluindo entidades gestoras, cientistas, projetistas e representantes da sociedade civil.

Referências Bibliográficas

- Antolínez, J., Méndez, F., Anderson, D., Ruggiero, P., Kaminsky, G. (2019). Predicting Climate-Driven Coastlines With a Simple and Efficient Multiscale Model. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124(6), 1596–1624.
- Coelho, C. (2005). Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 404 p.
- Coelho, C. (2023). Sediment dynamics in artificial nourishments. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(7), 4 p.
- Coelho, C., Ferreira, A. M., Lima, M. (2024). Numerical modelling of artificial nourishments on the beach profile: effects on reducing dune overtopping. *Journal of Coastal Research*, 113, 599–603.

- Coelho, C., Ferreira, M., Marinho, B. (2020). Numerical modelling of artificial sediment nourishment impacts. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), pp. 209-213.
- Coelho, C., Lima, M., Ferreira, M. (2022). A cost–benefit approach to discuss artificial nourishments to mitigate coastal erosion. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 20 p.
- Costa, M., Silva, R., Vitorino, J. (2001). Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. 2as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, AIPCN/PIANC Secção Portugal.
- de Schipper, M., Ludka, B., Raubenheimer, B., Luijendijk, A., Schlacher, T. (2021). Beach nourishment has complex implications for the future of sandy shores. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(1), 70–84. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00109-9>.
- Duedall, I., Maul, G. (2005). Demography of Coastal Populations - *Encyclopedia of Coastal Science*; pp. 368–374. Springer.
- Ferreira, A. M., Coelho, C. (2021). Artificial nourishments effects on longshore sediments transport. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(3), pp.1-14.
- Ferreira, C., Narra, P., Mendiguren, B., Cardoso, A., Coelho, C., Lima, M., Rocha, B. (2023). COAST4US: Application of the COAST Tool to the Portuguese West Coastline. *Coastal Engineering Proceedings*, 9.
- Ferreira, A. M., Coelho, C., Silva, P. A. (2024). Impact of transversal and longitudinal sediment transport on the shoreline evolution: effects of sandbar volume and wave climate. *Journal of Coastal Research*, 113, 619–623.
- Lima, M. (2018). Ferramenta numérica de análise do impacto de intervenções de defesa costeira na evolução da linha de costa: custos e benefícios. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 336 p.
- Lira, C., Silva, A., Taborda, R., & de Andrade, C. (2016). Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: an integrated approach. *Earth System Science*.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific Reports* 8, 6641, 11 p.
- Matos, F., Alves, F., Coelho, C., Lima, M., Vizinho, A. (2022). participatory approach to build up a Municipal strategy for coastal erosion mitigation and adaptation to climate change. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11).
- Mendes, D., Pais-Barbosa, J., Baptista, P., Silva, P. A., Bernardes, C., Pinto, C. (2021). Beach response to a shoreface nourishment (Aveiro, Portugal). *Journal of Marine Science and Engineering* 9(10), 1112, 19 p.
- Nicholls, R., Wong, P., Burkett, V., Codignotto, J., Hay, J., McLean, R., Ragoonaden, S., Woodroffe, C. (2007). Coastal systems and low-lying areas. In M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp. 316-357.
- Pais-Barbosa, J., Ferreira, M., Lima, M., Filho, L., Roebeling, P., Coelho, C. (2023). Cost-benefit analysis of artificial nourishments: Discussion of climate change adaptation pathways at Ovar (Aveiro, Portugal). *Ocean and Coastal Management*, 244, 33 p.

Pinto, C., Penacho, N., Pires, B. (2021). Programa de monitorização da faixa costeira de Portugal Continental (COSMO): da concepção à implementação. X Congresso Sobre Planeamento e Gestão Das Zonas Costeiras Dos Países de Expressão Portuguesa, Rio de Janeiro.

Pinto, C., Silveira, T., Teixeira, S. (2020). Beach nourishment practice in mainland Portugal (1950-2017): Overview and retrospective. Elsevier. *Ocean and Coastal Management* 192, 105211, 13 p.

Pinto, C., Taborda, R., Andrade, C., Baptista, P., Silva, P. A., Mendes, D., Pais Barbosa, J. (2022). Morphological development and behaviour of a shoreface nourishment in the Portuguese Western coast. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10, 146, 17 p.

REA. (2025). Portal do Estado do Ambiente – Portugal (visitado em fevereiro de 2025). <https://Rea.Apambiente.Pt>.

Santos, F., Lopes, A., Moniz, G., Ramos, L., Taborda, R. (2014). Gestão da zona costeira: o desafio da mudança. Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 237 p.

Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F., das Neves, L., Pais-Barbosa, J., Coelho, C. (2004). Erosion risk levels at the NW Portuguese coast: The Douro mouth - Cape Mondego stretch. *Journal of Coastal Conservation*, 10(1-2), pp. 43-52.

Vousdoukas, M., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis, T., Athanasiou, P., Luijendijk, A., Feyen, L. (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. *Nature Climate Change*, 10(3), pp. 260-263.

6. Repensar a colaboração entre o ciclo urbano da água e o planeamento urbano

Vítor Vinagre

Águas do Centro Litoral, S.A. (AdCL)

As alterações climáticas, o crescimento populacional e a urbanização: desafios para a gestão hídrica urbana

As alterações climáticas, o crescimento populacional e a urbanização representam desafios críticos para a gestão da água em áreas urbanas (Li *et al.*, 2015). A intensificação de fenómenos hidrológicos extremos, como secas prolongadas e inundações, tem tornado a segurança hídrica cada vez mais incerta (Hurlimann & Wilson, 2018). Esses desafios exigem soluções integradas que considerem não apenas os aspetos técnicos da gestão da água, mas também o planeamento urbano, com o objetivo de mitigar os impactos de eventos extremos e fomentar a circularidade da água.

De facto, a adaptação das cidades às alterações climáticas no setor da água urbana depende, sobretudo, de fatores relacionados com a colaboração institucional e com o planeamento urbano, sendo menos influenciada pelo “estado da arte” das tecnologias envolvidas (Vinagre *et al.*, 2023).

Principais desafios enfrentados

Do ponto de vista das entidades gestoras da água urbana, destacam-se os desafios no dimensionamento de infraestruturas, na identificação de novas fontes de água, na gestão da oferta e da procura e na localização de instalações de tratamento, que, no caso do tratamento do tratamento de águas residuais, se podem constituir como novas origens de água “*fit for purpose*”. Já do lado das entidades responsáveis pelo planeamento do território (e do edificado), surgem desafios na alocação de atividades económicas, na definição de diretrizes construtivas (como a implementação de redes prediais duais, a retenção de água em elementos verdes e a garantia de solos permeáveis) e na construção de infraestruturas “azuis” e “verdes”. Estas últimas devem aliar a retenção e infiltração de água à regulação climática, criando, simultaneamente, espaços de lazer e fruição. É assim evidente a relação simbiótica, quase mutualista, que envolve estes dois setores no sentido de cada um deles contribuir para a adaptação das cidades às alterações climáticas.

Para minimizar riscos, aumentar a resiliência, reduzir custos e gerar externalidades positivas, torna-se assim evidente que a adaptação climática em áreas urbanas requer uma estreita colaboração entre as entidades gestoras e as responsáveis pelo planeamento urbano. Essa integração é essencial para lidar com desafios como a necessidade de reabilitação/reconversão das infraestruturas, a crescente procura por água e as vulnerabilidades relacionadas às condições climáticas em transformação.

Barreiras e fatores impulsionadores da colaboração

Apesar da sua importância, a colaboração entre os setores da água e do planeamento enfrenta barreiras significativas, como a falta de coordenação institucional, a perceção de maior demora na tomada de decisão, a existência de discrepâncias de cronogramas entre setores e limitações legais. Por outro lado, a implementação de estratégias nacionais de adaptação e o fortalecimento de estruturas legais têm sido identificados como drivers fundamentais para promover a colaboração.

Práticas colaborativas recomendadas

De acordo com estudos recentes (Vinagre, 2025), práticas colaborativas eficazes entre os setores da água e do planeamento urbano devem incluir:

1. Promoção de colaboração intersectorial: Integrar e operacionalizar essa colaboração por meio de políticas e regulamentos coerentes;
2. Harmonização de planos estratégicos: alinhar planos diretores (água e território) e diretrizes de construção às estratégias de resiliência nacional e municipal;
3. Definição de soluções técnicas acessíveis: Propor soluções práticas e facilmente implementáveis por diversos atores;
4. Incorporação de avanços científicos: Promover parcerias com instituições académicas para integrar avanços técnicos e fomentar a formação;
5. Envolvimento dos cidadãos: Informar e mobilizar a população para as mudanças necessárias na adaptação climática.

Modelo colaborativo para a adaptação climática

A materialização dessas práticas exige a implementação de um modelo colaborativo que articule, de forma orgânica e contínua, as dimensões técnica, institucional e social ao nível municipal (Vinagre, 2025). Este modelo deve reunir soluções técnicas e institucionais que promovam a inclusão de todos os atores relevantes.

Para isso, pode-se fomentar a criação de estruturas organizacionais independentes, concebidas como “facilitadoras da mudança”. Essas estruturas, temporárias ou permanentes, seriam responsáveis por liderar os processos de transição, promover a implementação de medidas colaborativas e assegurar a interação eficaz entre instituições e comunidades.

Conclusão

Independentemente das principais tendências climáticas que afetam uma cidade – seja a escassez ou o excesso de água –, a adaptação climática no setor da água urbana depende de uma relação próxima entre entidades gestoras e responsáveis pelo ordenamento do território. Essa relação é essencial para identificar e implementar medidas eficazes que respondam aos desafios relacionados com água urbana em qualquer circunstância, garantindo a sustentabilidade e a resiliência das cidades perante as alterações climáticas.

Referências Bibliográficas

- Hurlimann, A., & Wilson, E. (2018). Sustainable Urban Water Management under a Changing Climate: The Role of Spatial Planning. *Water* 2018, Vol. 10, Page 546, 10(5), 546. <https://doi.org/10.3390/W10050546>
- Li, Endter-Wada, J., & Li, S. (2015). Characterizing and Contextualizing the Water Challenges of Megacities. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 51(3), 589–613. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12310>
- Vinagre, V. (2025). *The urban water cycle and the challenges of climate change: (Re)thinking the articulation with city planning* [Thesis]. University of Aveiro.
- Vinagre, V., Fidélis, T., & Luís, A. (2023). How Can We Adapt Together? Bridging Water Management and City Planning Approaches to Climate Change. *Water (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/w15040715>

7. Inovação no domínio da água: Desafios e Oportunidades

Ricardo Gomes

INESC Coimbra e SMAS de Leiria, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Leiria

Segundo a organização internacional “*Global Footprint Network*” a cada ano que passa verifica-se uma pressão crescente sobre os recursos naturais disponíveis no planeta devido ao crescimento acelerado da população e hábitos de consumo pouco sustentáveis. A esta situação acresce o impacto dos fluxos migratórios para regiões cujas infraestruturas não estão preparadas para receber esse acréscimo de população e ainda as alterações climáticas que estão a transformar significativamente o nosso território devido a situações de secas severas e fogos florestais seguidas de inundações. Face a este cenário é urgente adotar medidas que tenham como objetivo o uso eficiente e eficaz dos recursos naturais do planeta e eliminar focos de poluição dos solos, do ar e das massas de água. No contexto dos recursos hídricos, a colaboração entre o meio académico, os centros de investigação e a indústria da água é crucial para promover a inovação e enfrentar os novos desafios globais no domínio da água. Neste contexto, as instituições académicas e os centros de investigação podem identificar talentos, fornecer investigação de ponta e avanços tecnológicos em vários domínios científicos, enquanto a indústria da água pode oferecer casos práticos e recursos para a sua implementação em áreas como a agricultura, a indústria transformadora, o abastecimento público de água, a drenagem urbana, entre outros. Esta colaboração pode ainda facilitar a transferência de conhecimentos teóricos em aplicações práticas, melhorar a eficácia das estratégias de gestão e uso da água e ainda fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias e a troca contínua de conhecimentos e competências. A tabela seguinte mostra como essa interligação poderá ser benéfica para todas as partes intervenientes.

A inovação no domínio da água oferece uma série de desafios globais relacionados com a escassez, qualidade e gestão sustentável da água, onde se destacam:

Eficiência no Uso da Água: Necessidade de implementação de tecnologias inovadoras que possam melhorar a eficiência no uso da água em setores como a agricultura, a indústria e o consumo doméstico, por forma a reduzir o desperdício e otimizar os recursos disponíveis.

Melhoria da Qualidade da Água: Necessidade de implementação de técnicas e procedimentos de tratamento que possam assegurar que a água disponível seja segura e de alta qualidade, protegendo a saúde pública.

Sustentabilidade Ambiental: Necessidade de implementação de soluções inovadoras que possam minimizar o impacto ambiental das atividades humanas, ajudando a preservar os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade.

Resiliência a Mudanças Climáticas: Necessidade de implementar ferramentas e tecnologias que permitam uma melhor previsão e gestão dos recursos hídricos que possam aumentar a resiliência face a eventos climáticos extremos, como secas e inundações.

Acesso à Água Potável: Necessidade de novas origens de água que possam ajudar a garantir o acesso à água potável em regiões onde a escassez é um problema, contribuindo dessa forma para a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento económico.

Redução de Custos: Necessidade de implementar tecnologias que aumentem a eficiência e reduzam o desperdício, cujo impacto se traduz numa redução nos custos associados à captação, ao tratamento e distribuição de água.

Educação e Sensibilização: Necessidade de iniciativas inovadoras que envolvam campanhas de sensibilização e educação, cujo objetivo é despertar o interesse da população para as questões relacionadas com a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Pontos fortes	Pontos fracos
• Acesso à investigação e inovação de ponta • Disponibilidade de recursos humanos altamente qualificados • Capacidades melhoradas para resolução de problemas • Oportunidades de financiamento e investimento • Recursos e conhecimentos partilhados	• Falhas de comunicação e barreiras linguísticas • Restrições de financiamento e limitações orçamentais • Cronogramas e prioridades desalinhados • Questões de propriedade intelectual e comercialização • Diferenças culturais e operacionais podem levar a conflitos e ineficiências
Oportunidades	Ameaças
• Desenvolvimento de soluções sustentáveis de gestão da água • Avanços tecnológicos inovadores • Aumento da empregabilidade dos estudantes • Expansão de projetos colaborativos de investigação • Reforço da elaboração de políticas e quadros regulamentares	• Potenciais conflitos provenientes dos resultados da investigação • Dependência de fontes de financiamento flutuantes • Risco de envolvimento insuficiente da indústria • Possível resistência à mudança dentro das instituições • Desafios na continuidade de parcerias de longo prazo

A inovação no domínio da água também oferece inúmeras oportunidades de mercado para as empresas que desenvolvem tecnologias e prestam serviços relacionados com a água, onde se destacam:

Tecnologias de Dessalinização: Desenvolvimento e implementação de métodos mais eficientes e sustentáveis para dessalinizar a água do mar, assim como a identificação de outras origens de água, por forma a aumentar a disponibilidade de água potável, especialmente em regiões áridas.

Reuso e Reciclagem de Água: Desenvolvimento e implementação de tecnologias de utilização da água da chuva e tratamento de águas residuais por forma a permitir o reuso seguro da água em aplicações industriais, agrícolas e uso doméstico não potável.

Gestão Inteligente de Recursos Hídricos: Desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão de água baseados em dados, como sensores IoT e inteligência artificial, para monitorizar e otimizar o uso da água em tempo real.

Infraestrutura Verde: Desenvolvimento e implementação de projetos que incorporem soluções baseadas na natureza, como telhados verdes e zonas húmidas artificiais, para melhorar a gestão da água da chuva e reduzir inundações urbanas.

Redução de Perdas e Eficiência Hídrica: Desenvolvimento e implementação de tecnologias para detetar e reparar roturas em sistemas de distribuição de água e promover o uso eficiente da água em edifícios, indústria e agricultura.

Políticas e Regulação Inovadoras: Criar e implementar políticas que incentivem a inovação e o uso sustentável dos recursos hídricos, incluindo incentivos fiscais e subsídios para tecnologias de conservação das massas de água.

Parcerias Público-Privadas: Colaboração entre governo, empresas, centros de investigação e organizações não-governamentais para financiar e implementar projetos inovadores relacionados com a gestão da água.

Em suma, e neste contexto, as oportunidades não só ajudam a enfrentar os desafios atuais relacionados com a água, como também promovem um desenvolvimento do território sustentável e resiliente face ao futuro.

8. Tecnologias digitais aplicadas no setor da água

Luís Girão

Bentley Systems

Enquadramento

A gestão dos sistemas integrados no ciclo urbano da água enfrenta desafios variados e complexos. Nesse sentido, é possível destacar alguns destes desafios, entre outros, que apresentam um impacto determinante no desempenho das infraestruturas que compõem todo o setor da água, designadamente:

- a) o envelhecimento das infraestruturas: muitos sistemas de abastecimento de água e de drenagem estão há muitos anos em serviço e carecem de reabilitação e/ou substituição. Este fator potencia a ocorrência de falhas, uma maior ineficiência e um aumento dos custos de manutenção;
- b) os eventos extremos induzidos pelas alterações climáticas: a ocorrência de eventos de precipitação de maior frequência e intensidade potencia a entrada em carga dos sistemas de drenagem, inundações e descargas de tempestade, com impactos severos ao nível económico, ambiental e social;
- c) a crescente urbanização: daqui resulta um incremento das superfícies impermeáveis, o que promove uma redução da infiltração natural e um aumento do escoamento superficial, colocando uma pressão adicional nos sistemas de drenagem;
- d) a necessidade de garantir a conformidade regulamentar e de cumprir objetivos de índole ambiental: se por um lado, existe um nível crescente de exigência no que concerne à regulamentação (e.g.: controlo de descargas de tempestade e da qualidade da água para consumo), por outro lado, observa-se uma adoção de objetivos ambientais cada vez mais rigorosos, assumindo este vetor um papel de destaque no plano estratégico de uma entidade gestora.

A resposta a estes desafios exige uma abordagem holística e integrada, no sentido de minimizar os custos, aumentar a eficiência e melhorar a resiliência das infraestruturas. Neste contexto, as tecnologias digitais apresentam-se como ferramentas essenciais para enfrentar os desafios mais prementes e acelerar a implementação de estratégias que permitam otimizar as etapas de projeto, planeamento, construção, operação e manutenção.

Contexto histórico

Desde a sua implementação, as tecnologias digitais têm vindo a mudar a forma como o setor da água observa, projeta, interage e controla as infraestruturas. Por forma a analisar esta progressiva transformação, apresenta-se de seguida uma breve síntese da evolução e implementação de tecnologias digitais no setor da água, destacando vários momentos relevantes (Walski, 2023).

- a) Numa fase inicial (1950), a utilização de computadores no setor da água teve um enquadramento financeiro, alavancando atividades como a faturação e a gestão de clientes;
- b) Posteriormente, já na década de 1960-1970, as Universidades desenvolveram algoritmos de análise de sistemas de abastecimento de água, dando origem aos primeiros modelos hidráulicos. Com o início da comercialização

- de *software* de modelação hidráulica (1980), foram desenvolvidos modelos que resolviam problemas complexos de sistemas de abastecimento de água e de drenagem recorrendo ao processamento computacional, o que anteriormente era impossível manualmente;
- c) Por sua vez, a tecnologia de desenho assistido por computador (*Computer-Aided Design*, CAD) começou por revolucionar sobretudo as atividades de projeto, tornando a elaboração dos desenhos e as revisões mais simples e eficientes (criando espaço para o desenvolvimento da metodologia BIM - *Building Information Modeling* - que emergiria mais tarde). A tecnologia SIG - Sistemas de Informação Geográfica (*Geographical Information Systems*, GIS) avançou para além do CAD, permitindo acrescentar propriedades aos elementos que constituem determinados sistemas (como o diâmetro e o tipo de material). Tal dotou os mapas digitais de informação relevante para o apoio à decisão e a gestão de ativos, introduzindo novas formas de analisar, processar e visualizar dados. A interoperabilidade entre o SIG (ou CAD) e os modelos hidráulicos fez avançar a modelação, agilizando as etapas de importação e processamento de dados;
 - d) Os sistemas de controlo de supervisão e aquisição de dados (*Supervisory Control and Data Acquisition*, SCADA) permitiram a monitorização e o controlo em tempo real dos sistemas, melhorando a eficiência operacional e os tempos de resposta;
 - e) Também a tecnologia presente nos contadores de água utilizados pelas entidades gestoras evoluiu ao longo do tempo. A tecnologia *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) - frequentemente designada por contadores inteligentes – combina um sistema integrado de contadores e sistemas de informação e permite a comunicação bidirecional entre as entidades gestoras e os clientes quase em tempo real, com benefícios significativos para a gestão e operação dos sistemas, bem como a melhoria do serviço prestado (Akesson *et al.*, 2022);
 - f) Os gémeos digitais (*Digital Twins*) representam o avanço mais recente, integrando dados em tempo real com modelos virtuais para fornecer informações sobre o desempenho do sistema, permitindo analisar diferentes cenários, prever potenciais problemas e otimizar as operações, atuando em tempo real (conforme se abordará com maior detalhe no capítulo seguinte).

Em suma, estes avanços tecnológicos (entre outros) transformaram coletivamente o setor da água, apresentando um impacto importante ao longo de todo o ciclo de vida das infraestruturas, incluindo as etapas de projeto, planeamento, construção, operação e manutenção.

Nos últimos anos, as tecnologias digitais têm registado um ritmo de inovação acelerado e apresentam um enorme potencial para continuar a revolucionar as infraestruturas do ciclo urbano da água. Ao aproveitar o potencial da análise de dados, automação, sensorização avançada e inteligência artificial, entre outras tecnologias, as entidades gestoras estarão mais capacitadas para dar uma resposta efetiva aos desafios que se colocam ao setor (Sarni *et al.*, 2019).

O potencial transformador dos gémeos digitais

O ecossistema institucional e a sociedade têm vindo a colocar uma pressão crescente sobre as entidades gestoras, no sentido de reduzir os custos operacionais, otimizar a eficiência, assegurar a sustentabilidade ambiental e melhorar a satisfação dos clientes. Adicionalmente, o setor enfrenta uma escassez de recursos humanos, evidenciando uma necessidade iminente de “fazer mais com menos”.

Cada entidade gestora é única, seja no seu percurso, maturidade e necessidades digitais. A gestão de informação constitui um vetor fundamental e apesar do notável progresso registado nos últimos anos neste âmbito, é possível elencar vários desafios que frequentemente limitam a adequada resposta em termos de gestão, planeamento e operação dos sistemas, tais como:

- a) Gestão de um elevado volume de dados: o setor da água gera e recolhe grandes quantidades de dados, sendo que, tipicamente apenas uma reduzida fração é utilizada para gerar conhecimento com aplicabilidade. Gerir e analisar eficazmente estes dados para orientar de forma sustentada a tomada de decisão continua a ser um desafio significativo.
- b) Integração de múltiplos sistemas: as entidades gestoras dependem de uma variedade de sistemas, frequentemente isolados em vários departamentos, incluindo SIG, modelos hidráulicos, ordens de trabalho, manutenção, faturação, SCADA, telemetria e sistemas de gestão de ativos. Daqui resulta uma segmentação indesejada dos dados gerados, o que dificulta o fluxo de informação e uma colaboração transversal a toda a organização.
- c) Comunicação entre departamentos: é comum verificar que cada departamento tende a concentrar-se exclusivamente nas questões inerentes à sua atividade, não havendo lugar para uma visão holística e integrada do funcionamento do sistema. Tal pode limitar a capacidade de resposta quando é necessário um esforço coordenado para resolver problemas de maior densidade e/ou urgência.

Neste contexto, os gémeos digitais podem ajudar a enfrentar e a resolver estes desafios, colmatando uma necessidade basilar de agilizar a gestão do elevado volume de dados gerados diariamente. Segundo a *American Water Works Association* (AWWA) e o Fórum *Smart Water Networks* (SWAN), por definição, um gémeo digital é: “Um sistema digital e dinâmico que representa infraestruturas do mundo real e os respetivos comportamentos, utilizando modelos com dados estáticos e dinâmicos, para gerar resultados otimizados e com aplicabilidade” (Karmous-Edwards *et al.*, 2022).

Deste modo, um gémeo digital permite aos utilizadores analisar de forma expedita o desempenho - histórico, em tempo real ou previsto - de cada ativo.

Um gémeo digital aplicado às infraestruturas do setor da água combina algoritmos de inteligência artificial e *Internet of things* (IoT) para integrar e processar diversos tipos de informação - modelação hidráulica, dados de sensores associados a um sistema SCADA, SIG, consumos dos clientes, dados meteorológicos e dados históricos de desempenho e de falhas, entre outros – segundo um ambiente unificado e facilmente acessível. Esta abordagem promove uma melhor articulação e colaboração entre os diversos departamentos (operação, manutenção, projeto, gestão, etc.).

Perante ativos com mau desempenho ou sujeitos a condições invulgares, são automaticamente gerados alertas e sugeridas medidas corretivas, o que permite melhorar o processo de tomada de decisão durante as atividades de operação e manutenção, bem como suportar o planeamento de investimentos.

Adicionalmente, a possibilidade de prever o comportamento do sistema perante a simulação de determinadas ações e cenários permite uma melhor avaliação das consequências em termos operacionais e de manutenção – como por exemplo, simular e analisar o impacto da ocorrência de uma obstrução no sistema de coletores de drenagem, de uma paragem do sistema de bombagem de uma estação elevatória, ou de uma rotura numa conduta de abastecimento de água – e desta forma, identificar e implementar medidas corretivas com maior celeridade e eficácia.

Conclusões

As tecnologias digitais desempenham e continuarão a desempenhar uma função crucial no setor da água, enquanto vetor indispensável ao seu desenvolvimento económico, social e sustentável. A análise de dados, automação, sensorização avançada e inteligência artificial, entre outras tecnologias, trazem benefícios claros, permitindo ao setor alcançar maior eficiência, resiliência e sustentabilidade, dando uma resposta efetiva aos diversos e complexos desafios que se colocam.

Existem diversas oportunidades para a adoção de soluções e ferramentas de índole digital a todos os níveis no âmbito da gestão das infraestruturas do ciclo urbano da água.

À medida que as entidades gestoras aceleram o ritmo de adoção de tecnologias inovadoras e se torna imperativo que o processo de decisão ao longo do ciclo de vida dos ativos seja suportado pela análise e processamento de dados provenientes de diversas fontes, os gémeos digitais estão rapidamente a assumir um papel preponderante no setor da água.

Referências bibliográficas

Akesson, J., Hahn, R., Kacha, O., Leavell, V., e Ong, J. (2022). Increasing consumer benefits engagement in AML-based conservation programs. American Water Works Association and The Behavioralist.

Karmous-Edwards, G., Tomić, S., e Cooper, J. P. (2022). Developing a unified definition of digital twins. Journal-American Water Works Association, 114(6), 76-78.

Sarni, W., White, C., Webb, R., Cross, K., e Glotzbach, R. (2019). Digital water: Industry leaders chart the transformation journey. International Water Association and Xylem Inc.

Walski, T. (2023). The Past, Present, & Future of Digitalization in Water. Bentley Systems. Disponível em: <https://blog.bentley.com/insights/the-past-present-future-of-digitalization-in-water/>

CAPÍTULO 11

RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO SUL



O ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO SUL: RISCOS, DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Qualidade e Risco Ambiental dos Poluentes nas Bacias Hidrográficas a Sul de Portugal

Patrícia Palma^{1,2}

¹ Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia para o Sistema Terra e Energia (CREATE)

² GeoBioTec, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Atualmente, a escassez de água e a sua qualidade representam os principais desafios relacionados com os recursos hídricos (Smeti *et al.*, 2019). As águas superficiais são constantemente afetadas por actividades urbanas e agrícolas, crescimento populacional, e alterações climáticas. Compreender como estes stressores interferem no estado químico e ecológico das massas de água, e nos respectivos serviços de ecossistema, à escala regional, é essencial para desenvolver planos específicos de gestão da água e ajustar futuras políticas ambientais (Sabater *et al.*, 2018). Vários cenários de alterações climáticas prevêem uma diminuição da qualidade da água, principalmente nas regiões semiáridas, devido ao aumento da concentração de poluentes e compostos emergentes (Azadi *et al.*, 2019). De facto, a região do Alentejo, caracterizada por um clima semi-árido, já se encontra sob stress hídrico, e é propensa a eventos meteorológicos extremos, como os que ocorreram nos anos hidrológicos 2003–2005, 2011–2012, e 2016–2017 (Rocha *et al.*, 2020).

No que respeita à dinâmica de parâmetros de suporte (essenciais para avaliar o estado ecológico/potencial ecológico) das massas de água, estudos desenvolvidos na Bacia do Guadiana, desde 2006, evidenciaram (Palma *et al.*, 2010a, 2014a, 2021a):

- Aumento da condutividade elétrica correlacionada com o aumento das concentrações de sódio, sulfato e cloretos, justificado em grande medida pela intensificação da agricultura de regadio no Alentejo (Catarino *et al.*, 2024);
- Aumento de matéria orgânica ($\uparrow$ CQO (carência química de oxigénio); $\approx$ CBO5 (carência bioquímica de oxigénio)); Aumento do Azoto Amoniacal e Aumento do Fósforo Total (principalmente no período seco). Este último padrão temporal não é o mais usual, uma vez que, geralmente a maior concentração de fósforo nas massas de água ocorre durante o período húmido, devido ao aumento do escoamento superficial e diminuição da produtividade algal. Esta ocorrência tem sido mais evidente em períodos de seca extrema, em zonas com pouca profundidade e sem escoamento superficial, tornando a carga interna um fator importante para o aumento das concentrações deste nutriente. Neste sentido, o observado aumento de fósforo total nas massas de água pode dever-se quer à intensificação das atividades agrícolas, quer à sua re-suspensão a partir dos sedimentos, que podem funcionar como 2º fonte de contaminação em condições de anoxia, como tem sido observado noutras regiões do Mediterrâneo (Coppens *et al.*, 2016);
- O aumento de matéria orgânica e nutrientes na água são fatores que contribuem para o aumento da produtividade algal, comprometendo as condições de oxigenação e acelerando o processo de eutrofização em lagos e albufeiras.

Em relação à dinâmica/ risco de substâncias perigosas (pesticidas e compostos farmacêuticos) em massas de água do Alentejo (Bacia do Guadiana), os estudos evidenciam que (Palma *et al.*, 2009; Palma *et al.*, 2014b; Palma *et al.*, 2020; Palma *et al.*, 2021b; Alves-Ferreira *et al.*, 2024):

- Presença de pesticidas nas massas de água está correlacionada com a sazonalidade e períodos de aplicação, aumentando as concentrações totais no período seco após as primeiras chuvas;
- Aumento das concentrações de classes de herbicidas, e decréscimo de inseticidas, seguindo a tendência de aplicação, com atual predominância de triazinas (terbutilazina), fenilureias (diurão), ácidos (bentazona, 2,4-D, MCPA);
- Tendência positiva do decréscimo das concentrações, nas massas de água, em relação aos Padrões de Qualidade Ambiental (PQA) para substâncias prioritárias: 2006/2007 - Diurão, Atrazina e Clorpirifos (concentrações acima dos PQA em períodos após precipitação); anos hidrológicos seguintes concentrações de todos os pesticidas SEMPRE ABAIXO dos PQA;
- Quantificação de novas classes de insecticidas (desde 2012): neonicotinoides (imidacloprid, tiaclopride);
- Atualmente, perto de 50% dos pesticidas quantificados nas massas de água, já não estão autorizados para comercialização em Portugal, nem na Europa;
- Substâncias prioritárias como atrazina, clorfenvinfos, diurão, diazinão, simazina e terbutrina, continuam a ser quantificadas no Guadiana em concentrações que podem promover risco ambiental, estes resultados podem ser justificados quer pelas características das substâncias (terbutrina e diazinão), quer por fontes de poluição persistentes;
- Em relação ao risco ambiental os resultados evidenciam que a Bacia do Guadiana está mais sensível ao risco induzido por estas substâncias químicas em períodos de seca, e em cursos de rio de pequena dimensão, com regimes hidrológicos intermitentes;
- Pesticidas como Diazinão, Terbutilazina, Clorfenvinfos, Bentazone, Terbutrina, Imidaclopride apresentam risco ambiental na Bacia do Guadiana em períodos temporais específicos, mas de uma forma persistente, podendo ser apontados como potenciais substâncias passíveis de integrar a lista de Poluentes Específicos da Bacia do Guadiana.

Avaliação de risco mostrou que apesar dos pesticidas cumprirem os padrões de qualidade ambiental, classificando as massas de água com um bom estado químico, induzem risco para o ecossistema aquático. O que demonstra a necessidade de serem revistos os limites regulamentados das substâncias prioritárias (PQA). Ajustar as listas de substâncias prioritárias ao cenário atual: possível introdução de substâncias que estão atualmente a ser comercializadas.

No que respeita aos compostos farmacêuticos, resultados evidenciaram o aumento da sua concentração em ribeiros, junto a estações de tratamento de águas residuais e suiniculturas, principalmente em períodos secos após as chuvas. Compostos como diclofenac, ibuprofeno, carbamazepina e claritromicina encontram-se em concentrações nas massas de águas passíveis de induzir risco alto a moderado, para espécies dos ecossistemas aquáticos.

Riscos e desafios para a gestão das massas de água subterrâneas

António Chambel

Instituto Ciências da Terra, Departamento de Geociências

A água subterrânea corresponde a cerca de 97% de toda a água doce no estado líquido no Planeta. É de uma importância vital para muitos estados e populações, principalmente as que vivem em maior isolamento. Porque as águas subterrâneas estão literalmente sob os nossos pés na maior parte das áreas do Mundo. Mas ainda há zonas do Globo onde a extração e uso das águas subterrâneas não se faz por causa de falta de equipamentos técnicos para fazer as perfurações necessárias à sua exploração.

As águas subterrâneas apresentam a característica de ser um recurso pouco visível, seja na realidade, seja na percepção das pessoas, o que não facilita a sua gestão. Os grandes riscos de que sofre este recurso abrange a sua contaminação, a sua sobreexploração e a sua deficiente governança.

Os grandes desafios para o futuro são a manutenção racional deste recurso, num equilíbrio entre volumes de infiltração e volumes de extração, do modo a evitar a sobreexploração. Para tal, tem de haver uma boa governança sobre a água, quer seja a nível legislativo, governativo, entidades gestoras, sociedade civil e usuários, num esforço conjunto que deverá levar ao uso racional do recurso, com compreensão e intervenção de toda a sociedade. Como maior usuário deste recurso, cabe à agricultura ter uma atitude de poupança e gestão que não pressione as massas de água subterrânea, principalmente onde já existem indícios de rebaixamentos excessivos dos níveis freáticos ou de fenómenos de intrusão salina junto a zonas costeiras.

Na sequência da sobreexploração está o risco muito maior para a qualidade da água dos aquíferos, pois menos água nas massas subterrâneas implicam maiores cargas poluentes nas mesmas, por menor diluição. As alterações de uso do solo são outro dos problemas, com cada vez mais culturas intensivas a arraste de poluentes para o solo e águas subterrâneas.

Com as alterações climáticas são de esperar menos recursos e uma maior pressão sobre os mesmos, por maior necessidade de água para todos os setores da sociedade, seja a agricultura, seja a indústria, seja o consumo humano. Logo, a maior necessidade de controlo, que se deve consolidar a nível dos pontos de monitorização, que, em Portugal, necessitam de uma revisão global e muito melhor adequação à sua finalidade. As grandes bacias hidrogeológicas portuguesas necessitam de uma modelação que permita perceber a sua evolução futura perante antigos e novos usos e o declínio previsível dos volumes de infiltração. A administração pública tem de passar a ter nas mãos estes instrumentos que lhe permitam gerir as licenças de prospeção e pesquisa de uma forma informada, de modo a gerir mais corretamente o recurso.

Os desafios da governança deverão trazer também mais discussão sobre novas abordagens em relação a metodologias de gestão de recarga de aquíferos com base em excedentes de águas de outras proveniências (superficiais, residuais tratadas), de forma a aumentar a resiliência do recurso a longo prazo.

Em conclusão, melhor governança corresponde a maior conhecimento sobre as massas de água subterrânea, melhoramento das condições de infiltração, maior controlo sobre as extrações e melhor gestão dos aquíferos mais significativos para o país, nomeadamente os grandes aquíferos sedimentares da Bacia do Tejo-Sado, os principais aquíferos das bacias terciárias das Orlas Ocidental e Algarvia, e alguns aquíferos mais significativos dentro do maciço cristalino português, nomeadamente os aquíferos cársicos e alguns aquíferos fraturados com produtividade mais destacada.

Desafios globais em previsão hidrológica e biogeoquímica com relevância para Portugal

Diogo Costa^{1,2}

¹ MED, Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE, Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade

² Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia para o Sistema Terra e Energia – CREATE

O desafio de antecipar ameaças à segurança hídrica ("water security") é de tal forma complexa que ultrapassa a capacidade individual de grupos de investigação, autoridades hídricas e, em muitos casos, de nações inteiras. Tal exige modelos abrangentes que sintetizem a nossa compreensão das interações entre o mundo natural e antropogénico. Alguns dos desafios contemporâneos mais prementes nesta área incluem (1) o desenvolvimento de teorias generalizáveis para quantificação do papel da água no sistema terrestre que sejam aplicáveis a diferentes contextos regionais, (2) a quantificação da disponibilidade hídrica a diferentes escalas e no contexto das alterações climáticas e de mudanças na utilização dos solos/recursos, e (3) a antecipação de novos riscos relacionados com as alterações climáticas e atividades humanas.

A necessidade de desenvolver capacidades globais de previsão hidrológica e da qualidade da água reúne hoje grande consenso dentro da comunidade científica. No entanto, tal desafio exige uma abordagem globalmente mais coordenada entre grupos de modelação, tanto hidrológica como biogeoquímica. Exige romper com a abordagem tradicional em que cada grupo desenvolve o seu próprio modelo hidrológico, frequentemente reinventando as mesmas teorias e algoritmos, desperdiçando-se recursos. Exige maior foco na padronização e interoperabilidade entre componentes e módulos que possam ser (re)utilizados por diferentes modelos e grupos, permitindo assim uma abordagem mais unificada e coordenadas na compreensão de processos, formulação de algoritmos, e teste de capacidades de previsão.

Exemplos de padronização global com benefícios tremendos para a sociedade são inúmeros. Por exemplo, ao entrarmos num automóvel que não nos é familiar, deparamo-nos sempre com uma mesma interface: volante, pedais, caixa de velocidades, velocímetro e outros controlos padronizados, independentemente da marca ou modelo. Esta uniformização facilita a aprendizagem generalizada de utilização de qualquer automóvel. De maneira análoga, o setor ferroviário beneficia de normas que padronizam o acoplamento dos vagões, permitindo a combinação eficiente de diferentes tipos, independentemente das suas origens ou propósitos. Do mesmo modo, os modelos numéricos e seus componentes devem adotar uma padronização semelhante, promovendo integração e interoperabilidade.

Colaboração e coordenação são elementos absolutamente essenciais para permitir o desenvolvimento de capacidades de previsão confiáveis e capazes de fornecer informação útil e atempada a governos e outras instituições relevantes para que possam proteger as comunidades contra ameaças à segurança hídrica. Têm vindo a ser dados passos importantes nesta direção. Um exemplo é a criação, pela Universidade do Alabama, do "Cooperative Institute for Research to Operations in Hydrology" (CIROH), em parceria com a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e com cientistas de outras 28 instituições académicas, governamentais e privadas. Este instituto tem como objetivo impulsionar o avanço das previsões em múltiplas escalas, com aplicação nos domínios da hidrologia, da hidrodinâmica e da qualidade da água. Simultaneamente, a Universidade de Calgary no Canada, juntamente com várias instituições internacionais incluindo a

Universidade de Évora (parte do comité consultivo internacional), organizaram em Outubro 2024 um workshop internacional com o tema “Navigating Global Water Security: Predicting Floods, Droughts, and Water Quality Threats”. Durante 3 dias, investigadores e cientistas de várias partes do mundo (USA, Canada, UK, Nova Zelândia, Portugal, Chile, Índia), tanto do meio académico como do privado e governo, desenvolveram um roteiro de ações colaborativas para permitir o desenvolvimento de previsões integradas da quantidade e qualidade da água para fins operacionais e com implicações globais. Ainda no Canada, a agência governamental Environment and Climate Change Canada (ECCC) iniciou o desenvolvimento de um modelo de previsão da qualidade da água à escala nacional e continental (em colaboração com os Estados Unidos da América). Este esforço integra organismos governamentais, instituições académicas nacionais e internacionais, incluindo a Universidade de Évora, bem como parceiros do setor privado (Teufel *et al.*, 2025).

O desafio de prever o futuro da água aumenta quando se abrangem domínios espaciais vastos e diversos - ecoando o conceito de criação de modelos para “todo o lado”, conforme salientado por Beven 2007, Clark *et al.* 2017, Bierkens *et al.* (2015) e outros. Por exemplo, só na Europa, existem (1) rios glaciares com grandes descargas durante os períodos de degelo na primavera (e.g., rio Ródano, na Suíça), (2) rios mediterrânicos com caudais drasticamente reduzidos no verão e sujeitos a cheias repentinas (e.g., rio Pó, Itália), (3) regiões áridas com cursos de água efêmeros que apenas correm durante eventos raros de chuva (e.g., o deserto de Tabernas, Espanha), e (4) zonas húmidas caracterizadas por uma saturação de água persistente, suportando flora e fauna diversas (e.g., Camargue, França).

A questão central reside no seguinte dilema: nenhum modelo consegue ter um desempenho ótimo em todas as regiões, porque os grupos de modelação tendem a focar-se num subgrupo de processos hidrológicos relevantes para a especificidade das suas regiões de estudo. Embora à escala local e regional, esses modelos possam fornecer informações úteis, a sua base teórica é normalmente frágil e dificilmente generalizável a outros modelos e regiões, criando-se uma base fragmentada de avanços teóricos e tecnológicos. Neste sentido, identificam-se os seguintes grandes desafios:

Desafio 1. Generalização de bases teóricas: Importa compreender quais fundamentos teóricos e estruturas de modelos são mais adequados para diferentes contextos hidrológicos, preenchendo lacunas teóricas e processuais com livrarias computacionais públicas e abrangentes permitindo explorar a integração de modelos físicos com aprendizagem automática para melhorar representações, eficiência e precisão em desafios globais da água. **Desafio 2.** Representação da complexidade dos processos: É necessário construir capacidades globais de modelação com um repositório modular e interoperável de componentes, promovendo colaboração, teste de hipóteses concorrentes, quantificação de incertezas e aceleração de soluções para crises hídricas globais através de uma abordagem padronizada e adaptável. **Desafio 3.** Complexidade espacial e representação de estruturas da paisagem. É necessária uma resolução espacial mais abrangente dos modelos hidrológicos, integrando representações dinâmicas e detalhadas de processos em diversas paisagens, com análise geoespacial avançada e uma estrutura hierárquica versátil para responder desafios globais diversos.

Portugal Continental tem um clima variado, com predomínio do mediterrânico marcado por verões quentes e secos e invernos chuvosos. O Noroeste é mais fresco e húmido (clima oceânico), enquanto a Serra da Estrela apresenta frio e neve. No interior, como no Alentejo, o clima é semiárido, com pouca chuva e verões quentes, influenciado pelo Atlântico, pelo relevo e pela latitude. Estas características climáticas e hidrológicas diversas intensificam a urgência de Portugal integrar este enorme esforço global de desenvolvimento integrado de capacidades de previsão hídrica e biogeoquímica.

Necessidade de Melhoria da Eficiência dos Sistemas Urbanos de Água

Nelson Carriço e João Caetano

RESILIENCE - Centro para a Resiliência Regional e Sustentabilidade

Os sistemas urbanos de água em Portugal enfrentam diversos desafios, por forma a aumentar a sua eficiência, conforme destacado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, que avalia anualmente o desempenho das entidades gestoras e identifica oportunidades de melhoria (ERSAR, 2023). Atualmente, os sistemas de distribuição de água apresentam em média cerca de 30% de água não faturada, com 73% desse valor associado a perdas físicas nos sistemas. Este problema é amplificado pelo avançado estado de deterioração das redes de distribuição, que de acordo com o Índice de Valor da Infraestrutura (IVI), que avalia o estado de conservação dos sistemas, apresenta um valor médio de 0,35, característico de redes envelhecidas.

No caso dos sistemas de drenagem de águas residuais, o volume total de águas residuais tratado nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) supera o volume de água entregue aos consumidores através dos sistemas de distribuição, devido a infiltrações de águas pluviais e outras afluências indevidas. Isto acontece devido ao avançado estado de deterioração das redes de drenagem, em que, o IVI médio apresenta valores de aproximadamente 0,42, indicando redes estabilizadas, mas com elementos envelhecidos que requerem reabilitação. Acresce ainda, o facto de algumas entidades gestoras não reportarem as informações de forma completa, o que pode mascarar a real extensão das necessidades de intervenção.

Estes indicadores refletem a urgência de uma abordagem abrangente para superar os desafios estruturais e operacionais nos sistemas urbanos de água.

Desafios para a melhoria da eficiência

Os sistemas urbanos de água em Portugal enfrentam uma série de desafios complexos que exigem uma abordagem holística e estratégica para melhorar a sua eficiência. A existência de uma quantidade significativa de entidades gestoras de pequena dimensão, especialmente de gestão direta municipal, resulta em dificuldades na obtenção de economias de escala, menor capacidade técnica e financeira para implementar soluções avançadas, e disparidades na qualidade e eficiência dos serviços entre diferentes regiões. Este facto é agravado pelo subinvestimento crónico, que leva à acumulação de problemas infraestruturais ao longo do tempo, dificuldade em implementar tecnologias modernas devido a restrições orçamentais, e aumento dos custos de manutenção e reabilitação a longo prazo.

A gestão inadequada de dados e da informação também contribui significativamente para os desafios enfrentados pelo setor. Deficiências nesta área resultam em tomadas de decisão baseadas em informações incompletas e/ou desatualizadas, dificuldade em implementar estratégias de manutenção proativa, e falta de transparência que dificulta na fundamentação dos investimentos necessários. Além disso, as pressões demográficas e urbanísticas criam a necessidade de adaptar as infraestruturas a padrões de consumo em mudança, lidar com pressões adicionais sobre sistemas já sobrecarregados em

áreas de rápido crescimento urbano, e manter a eficiência em áreas com população decrescente.

Os desafios relacionados com a regulação e conformidade legal também são significativos, incluindo custos associados ao cumprimento de normas ambientais cada vez mais rigorosas, a necessidade de adaptar sistemas existentes para atender a novos padrões regulatórios, e a complexidade na implementação de mudanças sistêmicas devido a estruturas regulatórias rígidas. Estes desafios são exacerbados pela degradação das infraestruturas, que compromete não apenas a eficiência, mas também a qualidade do serviço.

O estado de degradação das redes de distribuição de água e drenagem de águas residuais e pluviais contribui para perdas reais elevadas, sobrecarga no tratamento de águas residuais, bem como, na degradação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. De acordo com o Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos de Portugal (RASARP) de 2023 (ERSAR, 2024), as perdas de água totalizaram cerca de 162,2 milhões de metros cúbicos por ano, resultando numa perda financeira estimada em 81,0 milhões de euros anualmente. Além disso, a ERSAR estima que aproximadamente 154 milhões de metros cúbicos de águas pluviais entrem indevidamente nas ETAR, gerando um custo adicional de tratamento em cerca de 69 milhões de euros por ano.

A falta de planeamento e monitorização agravam ainda mais estes problemas, com muitas entidades gestoras, especialmente as de menor dimensão, operando sem uma visão estratégica adequada. Isso resulta em intervenções reativas e pontuais, alocação ineficiente de recursos, e tomada de decisões baseada em fatores de curto prazo em vez de critérios técnicos fundamentados. A adaptação às mudanças climáticas emerge como outro desafio crucial, exigindo o fortalecimento da resiliência dos sistemas urbanos de água para enfrentar eventos meteorológicos extremos e atender às necessidades futuras.

Para superar estes desafios interligados, é necessária uma abordagem abrangente que inclua investimentos significativos em reabilitação e modernização das infraestruturas, desenvolvimento de planos estratégicos de longo prazo, implementação de tecnologias avançadas de monitorização e gestão, e adoção de práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos. Apenas através de uma estratégia coordenada e abrangente será possível melhorar a eficiência, sustentabilidade e resiliência dos sistemas urbanos de água em Portugal, garantindo um serviço de qualidade para as gerações presentes e futuras.

Estratégias de Melhoria

Para enfrentar os desafios identificados e melhorar a eficiência dos sistemas urbanos de água em Portugal, três estratégias chave devem ser consideradas: reabilitação e modernização das infraestruturas, adoção de uma visão estratégica de longo prazo e gestão integrada, e adaptação às mudanças climáticas

Reabilitação e Modernização das Infraestruturas

A reabilitação e modernização das infraestruturas é fundamental para reduzir falhas e melhorar a eficiência do sistema. Isto inclui a substituição de tubagens e equipamentos obsoletos com materiais duráveis e tecnologias modernas, aumentando assim a vida útil das infraestruturas e reduzindo as frequentes necessidades de intervenção. Paralelamente, a implementação de tecnologias avançadas de aquisição de dados, como sensores inteligentes, sistemas de monitorização em tempo real (smart metering) e ferramentas de análise preditiva com inteligência artificial (AI), pode melhorar significativamente a

capacidade de deteção e resposta a problemas, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos e intervenções mais rápidas e precisas.

Planeamento Estratégico e Gestão Integrada

O desenvolvimento de planos estratégicos de longo prazo é crucial para as entidades gestoras. Estes planos devem incluir metas claras, prioridades de investimento e cronogramas bem definidos, em conformidade com os Guias Técnicos n.ºs 16 e 17 da ERSAR, baseando-se em critérios técnicos robustos e considerando as necessidades futuras (ERSAR, 2010 a,b). A capacitação e formação contínua dos profissionais do setor é igualmente importante, abrangendo áreas como gestão patrimonial de infraestruturas (GPI), utilização de ferramentas inteligentes de monitorização e análise e processamento de dados.

A agregação de alguns serviços em baixa, pode trazer economias de escala e melhorar a eficiência operacional. O recurso a modelos colaborativos entre municípios na gestão de recursos é particularmente relevante para os municípios do interior, onde os recursos são mais limitados e os sistemas têm maior dimensão territorial com menos clientes

Adaptação às Mudanças Climáticas

A adaptação às mudanças climáticas requer uma abordagem multidisciplinar. A adoção de soluções baseadas na natureza, como infraestruturas verdes, pode melhorar significativamente a gestão de águas pluviais e reduzir a sobrecarga nas redes de drenagem. A gestão sustentável dos recursos hídricos é essencial, incluindo práticas de conservação das massas de água, reutilização de águas residuais tratadas e implementação de políticas de gestão integrada que aumentam a equidade nos diversos setores.

A utilização de tecnologias avançadas para monitorização e previsão de fenómenos meteorológicos extremos é crucial. O que envolve a instalação de sensores para monitorizar níveis de água em tempo real, o uso de modelos de previsão climática e meteorológica e a implementação de sistemas de alerta para informar a população sobre possíveis riscos.

Por fim, a educação e sensibilização da população desempenham um papel vital. Campanhas de conscientização podem promover comportamentos sustentáveis, como a redução do consumo de água e a participação em programas de conservação da água, contribuindo para uma gestão mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos.

A implementação destas estratégias de forma coordenada e abrangente é essencial para melhorar a eficiência, sustentabilidade e resiliência dos sistemas urbanos de água em Portugal, garantindo um serviço de qualidade para as gerações presentes e futuras.

Consideração final

A eficiência dos sistemas urbanos de água em Portugal pode ser substancialmente melhorada através de investimentos estratégicos, inovação tecnológica e uma gestão mais integrada. Estas medidas não apenas reduzirão custos operacionais, mas também aumentarão a qualidade do serviço e a resiliência climática, promovendo a sustentabilidade do setor e a confiança dos utilizadores.

Fenómenos hidrológicos extremos e a resiliência das sociedades

João Filipe Santos

Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia para o Sistema Terra e Energia – CREATE

A gestão adequada de eventos hidro-climatológicos extremos, como inundações e secas, é essencial para aumentar a resiliência das sociedades (Mazzoleni *et al.*, 2024), especialmente à luz das atuais alterações climáticas e do aumento previsto da população humana. Para uma redução eficaz do risco de desastres naturais, como os mencionados acima, a gestão deve seguir uma abordagem multifacetada que envolva e integre a participação das comunidades locais, técnicas avançadas de monitorização e modelação computacional, assim como deverá promover avaliações de risco suficientemente abrangentes, a fim de mitigar possíveis impactos adversos (John *et al.*, 2024).

Por outro lado, entende-se como consensual o estabelecimento de medidas proactivas para prevenir e atenuar os impactos (Kundzewicz & Matczak, 2015), assim como a inclusão de estratégias reativas com vista à adaptação e recuperação após a ocorrência de tais eventos (Nguma & Kiluva, 2022), possibilitando uma melhoria na gestão do risco e consequentemente um incentivo para enfrentar os desafios esperados.

As zonas do Sul de Portugal, consideradas regiões de clima tendencialmente semi-árido (Lopes *et al.*, 2018), caracterizam-se por apresentar baixos valores de precipitação anual assim como elevadas taxas de evaporação o que coloca desafios únicos à agricultura e ao consumo urbano de água, os dois principais consumidores. Este enquadramento conduz assim a situações temporárias de escassez de água que são geradas pelo inerente desfazamento temporal entre o pico das disponibilidades e o dos consumos e particularmente agravadas pelos fenómenos hidrológicos extremos como as secas.

Entre os fenómenos extremos mais frequentes em Portugal, especialmente no sul, a seca continua a ser um dos fenómenos hidrológicos menos compreendidos e mais complexos (Vicente-Serrano, 2016), para o qual ainda não existe uma definição consensual (Wilhite & Glantz, 1985), dado que possui várias dimensões e afeta grandes áreas em todo o mundo, com graves impactos na sociedade, no ambiente e na economia (Santos *et al.*, 2023). Em termos gerais, pode estar relacionado com um défice de precipitação, de teor de água no solo, que afeta o estado vegetativo das culturas, e que induz a uma redução do caudal dos cursos de água ou do armazenamento de água nas albufeiras e nos níveis piezométricos (Wilhite & Glantz, 1985). De facto, os impactos das alterações climáticas nas condições hidro-climatológicas têm vindo a mostrar algum grau de complexidade e alguma preocupação (Dagbegnon *et al.*, 2016). Em especial para a região sul de Portugal, uma diminuição da precipitação e um aumento da capacidade evaporativa da atmosfera, devido ao aquecimento global, podem agravar consideravelmente as condições de seca (Naumann *et al.*, 2018). O Painei Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC), no seu relatório de avaliação n.º 6 (IPCC, 2023), afirma que várias zonas do mundo, e em especial a Península Ibérica, se tornarão mais áridas no futuro, pelo que se torna urgente aprofundar as metodologias de monitorização da seca como um importante passo para a criação de efetivos modelos de gestão do risco. Torna-se essencial considerar todas as variáveis instrumentais da seca atualmente ao nosso dispor, o que permitirá o desenvolvimento de estratégias eficazes para mitigar os seus impactos.

Desde a década de 1990, vários índices têm sido amplamente utilizados para analisar a seca, especialmente aqueles que utilizam a precipitação como variável, seguindo a consideração de que a seca surge de um déficit significativo de humidade na forma de precipitação, sendo o mais utilizado o Índice de Precipitação Standardizada (SPI) (McKee, 1993). No passado a crescente popularidade deste índice tem estado sobretudo relacionada com o facto de considerar apenas um único input que é a precipitação, uma vez que esta é a variável climática mais comum com registos de observações disponíveis e séries temporais longas, normalmente monitorizadas por um bom número de estações meteorológicas (Santos *et al.*, 2010). No entanto, uma vez que a elevada capacidade evaporativa da atmosfera é profundamente controlada pelas condições da temperatura do ar, afetando como consequência a disponibilidade de água, surgiram índices de seca baseados no conceito de balanço hídrico, tais como o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) (Palmer, 1965) e o Índice de Precipitação e Evapotranspiração Standardizada (SPEI) (Vicente-Serrano *et al.*, 2010). Em comparação com o SPI, o SPEI também tem em conta a temperatura do ar como a variável mais importante do balanço hídrico ao nível da bacia hidrográfica e das alterações climáticas. Com o desenvolvimento das tecnologias de deteção remota, a monitorização da seca no sistema solo-vegetação tornou-se possível em grandes áreas, permitindo-nos captar as mudanças temporais e espaciais do estado da superfície terrestre com grande resolução. A humidade do solo é uma variável-chave que reflete as interações complexas entre os ciclos da água, da energia e do carbono. A redução dos níveis de água no solo está tipicamente associada ao stress hídrico da vegetação, que constitui um constrangimento importante no funcionamento fisiológico dos ecossistemas naturais e cultivados podendo ter um forte impacto negativo na produção agrícola (Mengoli *et al.*, 2023). Embora existam vários índices de vegetação, um dos mais utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que se tornou um dos índices mais populares utilizados em todo o mundo para a avaliação do estado da vegetação (Huang *et al.*, 2021). Na análise da seca, o NDVI é reconhecido como sendo capaz de delinear a vegetação e o stress vegetativo de uma forma simplificada, o que tem grandes vantagens no âmbito do desenvolvimento agrícola e nos estudos de utilização dos solos.

A consideração de um índice de seca integrado que represente os efeitos da seca nos diferentes compartimentos do ciclo hidrológico ainda não foi totalmente testada e compreendida, uma vez que a intercorrelação entre os vários índices dificilmente pode ser ilustrada apenas por um único indicador. Estes indicadores são geralmente designados por índices de seca combinados ou compostos (Svoboda & Fuchs, 2016) e podem considerar tanto os dados meteorológicos terrestres como as informações de superfície, obtidas por deteção remota, para estimar um sinal de seca. Nos últimos anos, foram desenvolvidas várias propostas, muitas delas recorrendo a técnicas estatísticas de Análise de Componentes Principais (PCA). Apesar das aparentes dificuldades na criação de um índice de seca composto encontradas na literatura, algumas contribuições podem ainda assim ser desenvolvidas. Neste sentido é exemplo o trabalho de Santos *et al.* (2024) de criação de um indicador de seca composto (CDI) com recurso a PCA e a uma Avaliação da Dependência Temporal (TDA) para duas pequenas bacias hidrográficas climaticamente distintas no Norte e Sul de Portugal. Consideraram-se indicadores do estado de seca o SPI, SPEI, Teor de água no solo, NDVI e os escoamentos gerados pelas bacias hidrográficas, sendo que o CDI se baseia na normalização dos vários índices como passo de pré-processamento necessário para a melhoria da interpretação dos resultados dos PCA e a consideração das melhores relações, temporalmente desfasadas entre os índices, resultando num CDI mais preciso na deteção da seca, tendo conduzido a resultados que evidenciaram uma boa performance por comparação com outros indicadores.

Entre as várias abordagens destinadas a aumentar a resiliência da sociedade na gestão destes fenómenos hidrológicos extremos, uma das mais relevantes é a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) (Granata & Di Nunno, 2025) considerando-se que esta promove a utilização sustentável da água, atenua a exploração excessiva do recurso, assegura a disponibilidade de água durante as secas e reduz os riscos de cheias através de um planeamento eficaz de utilização dos solos (Sethi *et al.*, 2024).

O futuro do regadio no Sul do país: riscos, desafios e oportunidades

Carla Inácio¹ e Carina Arranja²

¹ Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADRI)

² Federação Nacional de Regantes de Portugal (FENAREG)

A água é um fator essencial de competitividade para todos os setores de atividade económica, sendo um recurso natural estratégico limitado que importa preservar, proteger e gerir com preocupações ambientais e económicas.

A área de atuação do Núcleo Regional do Sul (NRSul) da APRH abrange três regiões hidrográficas: Região Hidrográfica do Sado e Mira (RH6), Região Hidrográfica do Guadiana (RH7) e Região Hidrográfica das Ribeiras do Algarve (RH8).

A utilização racional deste recurso escasso deverá representar uma das primeiras preocupações nestas regiões hidrográficas, uma vez que nesta zona do país, é ainda mais evidente que o regadio é um fator incontornável da competitividade na agricultura e decisivo para a fixação das populações e o desenvolvimento socioeconómico das zonas rurais.

A nível nacional, existem regadios individuais e regadios coletivos, que poderão ser de iniciativa privada ou estatal (públicos). Os regadios coletivos totalizam quase 50% da área de regadio, dos quais cerca de 83% destes são públicos.

A relevância do regadio no setor da água é bem conhecida, porque em Portugal Continental, a agricultura e a pecuária são o maior utilizador, com 75% do volume total anual de água utilizado no país.

Segundo dados do Plano Nacional da Água (PNA) de 2016, Decreto-Lei n.º 76/2016, de 9 de novembro, são utilizados anualmente pelos diferentes setores de actividade 4.539 hm³, cabendo à agricultura 3.389 hm³. De sublinhar que em 14 anos, considerando ainda os dados do PNA 2002, o volume utilizado de água sofreu um forte decréscimo, de 7.500 hm³ para os referidos 4.539 hm³, o que é bem demonstrativo do esforço que todos os setores têm feito no sentido de utilizarem a água de forma mais eficiente, em especial do setor agrícola que diminuiu o seu consumo anual de 6.525 hm³ para 3.389 hm³, evidenciando uma redução de 48%. Esta evolução no setor agrícola continua, demonstrada nos dados mais recentes divulgados pelo INE, relativos a 2023, tendo o setor diminuído o consumo para 3.034 hm³, com acréscimo de área regada, para 581 mil ha (562 mil ha em 2019), resultado da evolução tecnológica da gestão da rega.

Apesar de no PNA 2016 se estimar que as disponibilidades hídricas anuais são da ordem de 47.840 hm³, representando assim a fração utilizada apenas 9,5% do total e no caso da agricultura e pecuária cerca de 7%, importa proceder ao seu uso de forma racional e equilibrada, visto que essa aparente abundância esconde uma realidade bem distinta entre as diferentes regiões do país e os sucessivos anos hidrológicos.

A região sul do país, Alentejo e Algarve, é uma das regiões mais quentes do país e por isso com maiores necessidades hídricas, no entanto, é também a zona com maior carência de água, com principal destaque no verão.

O regadio é um instrumento absolutamente decisivo para uma agricultura competitiva, de modo a contrariar as vicissitudes do clima no que respeita ao padrão muito irregular de distribuição da precipitação e colmatar os efeitos das alterações climáticas. É assim o regadio essencial para garantir o desenvolvimento vegetativo adequado das culturas primavera/verão e, em consequência, a obtenção de produtividades competitivas.

Importa salientar que o fenómeno associado à irregularidade e escassez de água tenderá a agravar-se, no futuro, de acordo com os mais recentes estudos referentes às alterações climáticas, que apontam para uma maior concentração da precipitação e períodos secos mais longos. No âmbito dos mesmos cenários, as temperaturas tenderão a aumentar, determinando que a rega se torne ainda mais determinante, mas acentuando também a evaporação nas estruturas de armazenamento.

Uma situação de indisponibilidade de água, poderá colocar em causa os investimentos particulares dos agricultores, ou o incumprimento dos projetos financiados, tanto em infraestruturas de rega, armazenamento e distribuição, quanto em culturas já instaladas, nomeadamente as permanentes.

Nos grandes regadios públicos, classificados de grupo II, de acordo com os “Dados do Boletim das Albufeiras”, de 3/1/2025, da Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) e considerando a capacidade de cada uma das suas albufeiras podemos salientar as situações mais preocupantes em termos de escassez hídrica por região hidrográfica: barragens de Monte da Rocha (12% da sua capacidade total) e de Campilhas (a 20%) no Aproveitamento Hidroagrícola (AH) de Campilhas e Alto Sado (RH6 – bacia hidrográfica do Sado), barragem de Santa Clara (a 36%) no AH do Mira (RH6 – bacia hidrográfica do Mira), barragem da Vigia (a 22%) no AH da Vigia (RH7) e as barragens da Bravura (a 13%) no AH do Alvor e a do Arade (a 16% da sua capacidade) no AH de Silves, Lagoa e Portimão (ambas na RH8).

O futuro do regadio passa pelo uso eficiente da água, incluindo, nomeadamente, a escolha de culturas com menores necessidades hídricas, a modernização e reabilitação das infraestruturas e a utilização de métodos de rega eficientes.

Tendo em vista a utilização eficiente da água nos regadios coletivos devem ser adotadas medidas, com especial atenção nos públicos, que promovam a redução das perdas no armazenamento, no transporte e na distribuição, a par da aplicação de um sistema de tarifário em função do volume consumido, que traduza o princípio do utilizador/pagador.

Por sua vez, os métodos de rega sob pressão (aspersão e localizada), que já representam 82% da área equipada para regadio, deverão continuar a crescer, para que no futuro a rega por gravidade seja muito reduzida ou inexistente, promovendo a redução das perdas de aplicação de água no solo, que conduzem à diminuição das perdas por arrastamento superficial e por infiltração, reduzindo a carga poluente sobre as linhas de água e nos aquíferos.

Dadas as características da região sul do país, impõe-se também a urgência de solucionar o problema do armazenamento, para possibilitar não só a rega das culturas, mas também os múltiplos fins que estas reservas de água permitem. Armazenar água nos períodos de abundância, para que seja utilizada nos períodos de escassez, é uma medida urgente e que não pode ser adiada.

Constitui-se ainda como outro desafio, a concretização dos projetos financiados, nos prazos estabelecidos, de modo a não se perder o investimento, das várias fontes de financiamento existentes.

As oportunidades passam precisamente pela utilização das várias fontes de financiamento para suprir ou atenuar os problemas existentes. De evidenciar a existência dos Planos Regionais de Eficiência Hídrica (PREH), do Alentejo e do Algarve, sendo já exemplos de aplicação do PREH do Algarve, os seguintes projetos: “Reabilitação e modernização da rede de rega do AH de Silves, Lagoa e Portimão”, “Reabilitação do AH do Alvor” e “Implementação de medidas de controlo de fugas no Sotavento Algarvio”. No contexto do PREH do Alentejo são também exemplos em concretização os projetos de ligação da barragem de Alqueva à barragem de Monte da Rocha, a construção do AH do Xévorá, a construção de novos blocos de rega de Messejana, de Moura, da Vidigueira e de Reguengos no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) e a

reabilitação e modernização de aproveitamentos hidroagrícolas já existentes como o Mira, a Vígia e o Vale do Sado.

Também recentemente foram desenvolvidos os acordos entre Portugal e Espanha sobre a manutenção de caudais nos rios Tejo e Guadiana, muito importantes para o sul do país, nomeadamente para o Algarve e para a concretização da captação do Pomarão (na RH7) e do acordo para o pagamento a Portugal da água captada na barragem do Alqueva por agricultores espanhóis, nas mesmas condições e preços que pagam os utilizadores do lado português, contribuindo assim para a sustentabilidade do EFMA.

Neste momento, ao nível da União Europeia, estão a ser desenvolvidos importantes esforços para que a água seja uma prioridade política, estratégica e financeira e o Plano de Resiliência Hídrica voltou a estar na agenda europeia. Também, no contexto nacional, está a ser desenvolvida a iniciativa “Água que une” que tem por objetivo a definição de investimentos para o armazenamento da água, bem como a construção de uma rede interligada de água para uma distribuição eficiente, que se vai chamar REGA.

É prioridade materializar uma estratégia, que influencie políticas europeias e nacionais, em torno das questões da quantidade e da gestão da água.

A agricultura precisa de ser reconhecida como um setor fundamental, tanto social como economicamente, com políticas públicas, nacionais e europeias, que valorizem medidas para a resiliência hídrica e para uma agricultura moderna, competitiva e sustentável, onde o regadio é uma peça-chave, por forma a garantir a segurança hídrica da agricultura e evitar o abandono agrícola, garantindo assim a segurança alimentar.

Recentemente, em novembro de 2025, foi lançado o Observatório do Regadio (Figura 1), uma plataforma inovadora, que reúne, pela primeira vez, dados oficiais dispersos por várias fontes, nomeadamente do INE, IFAP e DGADR, disponibilizando-os num único espaço online, de fácil consulta e visualização, e vem responder a uma lacuna histórica: a falta de acesso centralizado e transparente a dados fiáveis sobre o regadio em Portugal. Esta nova ferramenta foi desenvolvida pela FENAREG - Federação Nacional de Regantes de Portugal, em parceria com o COTR – Centro de Competências para o Regadio Nacional e com o apoio técnico da Consulai. Esta nova ferramenta digital, dá corpo à Agenda de Investigação e Inovação para o Regadio Nacional, lançada em 2024. O objetivo é claro: conhecer e dar a conhecer o regadio, promovendo a partilha de informação fiável, atualizada e acessível a regantes, investigadores, decisores e ao público em geral. É um projeto feito para crescer, evoluir e ser construído em conjunto com todos e por todos.

Para aceder ao Observatório do Regadio: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieTYQ2NDZiYzktMDBiZi00ZjZjLWlwODEtMDE4ZDdkOWU5YzZkliwidCI6ImZkMzQ2Yzh1LTczMjQ1NGlwZS05YTl5LTlywZThkNTAzMzUzZiIsImMiOiJh9>

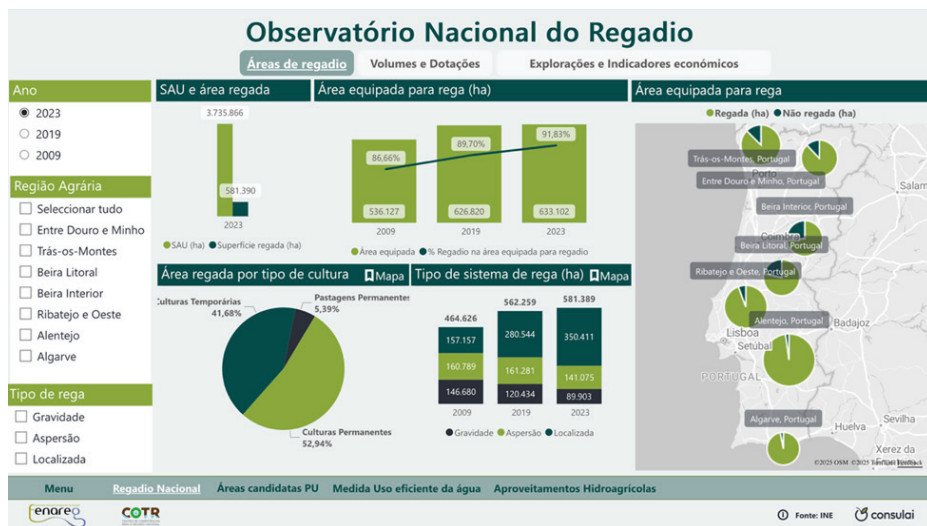


Figura 1. Observatório Nacional do Regadio. Plataforma de dados abertos sobre o regadio.

Perspetivas do poder local relativamente ao futuro dos recursos hídricos da região Sul

Paulo Chaveiro

Núcleo Regional do Sul da APRH

O poder local, tendo nas suas competências a obrigação de uma visão territorial mais holística, cria em si mesmo desafios de relevo estrutural que não lhes permite descorar as várias ações e temáticas que, direta ou indiretamente, terão de acolher, desenvolver e atuar. Neste sentido, os recursos hídricos, a sua gestão e utilização, estão sem dúvida na linha da frente do que são as suas preocupações. Os territórios do interior do país, mais concretamente a Sul do Rio Tejo têm já hoje desafios demasiado importantes, alguns angustiantes até, que não podem permitir visões e ações desadequadas, com ligeireza de pensamento, sob pena de colocarmos os territórios e as suas populações expostas a enormes dificuldades de subsistência e desenvolvimento. Quando registamos reduções das precipitações médias anuais de 100 a 120 mm nos últimos 30 anos e desta forma assistimos a registos de precipitações médias anuais de 570 mm no Algarve e médias anuais no Alentejo entre os 465mm (em Beja) e os 617mm (em Portalegre) os cenários de escassez hídrica são já o Presente, tendo em conta todos os usos presentes, nomeadamente a agricultura, a indústria, o consumo humano e a manutenção da biodiversidade.

Assim, é com grande preocupação que o Poder Local vê as discrepâncias de planeamento e ação que os Planos Regionais de Eficiência Hídrica do Algarve e do Alentejo levam dos sucessivos governos e da própria Agência Portuguesa do Ambiente. Se por um lado vemos políticas concretas e investimentos, seja através do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) ou de outros fundos comunitários ou governamentais, a serem efetuados no Algarve, o Alentejo ainda somente se ficou pela fase da discussão pública (relatório elaborado em abril de 2024), mostrando um território a ser gerido a duas velocidades. Este Plano Regional é um documento de extrema importância que irá basilar políticas de gestão, de sustentabilidade e de resiliência dos usos dos recursos hídricos aos efeitos das alterações climáticas, capacitando os territórios à promoção de uma gestão da água eficiente e racional em todos os setores, assim como o uso da terra. A discrepância é tanta, que se assiste, e bem, no Algarve a apoios, por exemplo, para a melhoria da eficiência da rede em baixa de água para consumo humano bem acima dos 40 Milhões de euros, do PRR, já aplicados enquanto que no Alentejo se espera por algo.

Mas não só aqui se verificam motivos de preocupação. O atraso nas revisões do que eram os Planos de Ordenamento das Albufeiras, hoje transformados em Programas Especiais de Albufeiras e Águas Públicas, onde o caso do Programa Especial das Albufeiras de Alqueva e Pedrogão (PEAAP) é paradigmático do esquecimento a que muitos dos territórios foram colocados, causam já hoje danos económico-sociais elevados e não permitem novos usos, hoje reconhecidamente seguros e possíveis, dessa massa de água sem que com isso se ponham em causa a preservação do estado de qualidade, a sua preservação e a melhoria da sua biodiversidade. Ainda a título de exemplo, o PEAAP aguarda à 19 ANOS, desde a Resolução do Conselho de Ministros n.º 94/2006, que se efetue a revisão do então Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e Pedrogão. Se não fosse tão dramático para tantos concelhos do interior do Alentejo mais pareceria um qualquer sketch dos "Muppets", ainda assim parece que agora, numa parceria entre municípios, APA e EDIA, se conseguirão dar os passos seguros para o seu desenvolvimento.

Outro assunto que muito preocupa o Poder Local, no que à gestão dos recursos hídricos diz respeito, é a construção da Tomada de Água do Pomarão, na Bacia Hidrográfica do Guadiana, enquanto medida charneira para reforço da água disponível para o Sotavento Algarvio. Não que não haja o desejo do desenvolvimento da solidariedade territorial entre duas regiões já hoje afetadas pela escassez de água, mas porque acima de tudo se considera que o projeto não tem a visão holística que se exige. Apesar de sabermos que mais de 70% da água rececionada no Guadiana “Português” é acondicionada, principalmente, através da Barragem de Alqueva os vários usos que os Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) têm proporcionado (Consumo Humano, Agricultura, Produção de Energia Hidroelétrica, Turismo) são hoje uma referência internacional. Contudo, e face às alterações climáticas sabemos que para além de uma menor precipitação anual os seus regimes também mudaram sendo principalmente pouco espaçadas no tempo e de elevada intensidade. Por si só já estaríamos perante enormes desafios que o projeto de “Reforço do Abastecimento de Água ao Algarve – Solução da Tomada de Água no Pomarão” parece não ter em conta. Sabemos hoje, e estudos da EDIA comprovam-no, que com o aumento dos perímetros de rega de Alqueva (com a construção de novos blocos de rega), a óbvia legalização da captação espanhola de Boca-Chança, junto à povoação de Pomarão, com o aumento dos consumos autorizados para Espanha e a manutenção dos caudais ecológicos este novo transvaze, o segundo no Guadiana, corre o risco de se transformar num eminente desastre para o que todos consideram uma gestão integrada dos recursos hídricos. A captação do Pomarão, e com eles os projetos de Fins Múltiplos de Alqueva e do Reforço de Abastecimento de Água ao Algarve, sem a construção de novas pequenas barragens nos principais afluentes do Guadiana, entre Pedrogão e o local da tomada de água, que segure a água vinda das precipitações, entre novembro e março, a utilizar no verão, para além da construção de mais uma barragem imediatamente a montante de Mértola, poderão tornar este projeto num enorme elefante branco que desequilibrará toda uma bacia hidrográfica e todo um território a sul do Tejo.

Ainda assim, torna-se claro que existe a necessidade do uso de novas fontes de água. A construção de uma dessalinizadora para toda a Bacia do Mira é essencial, assim como a construção de outra dessalinizadora na Foz do Guadiana, junto a Castro Marim. E não nos esqueçamos da água residual tratada (ApR), que tanto necessita de um impulso.

Os desafios são sucessivos e as autarquias locais estão muito atentas às novas políticas da água, exigindo serem parte da solução.

Referências Bibliográficas

- C., D., Djebou, S., & Singh, V. P. (2016). Impact of climate change on the hydrologic cycle and implications for society. *Environment and Social Psychology*, 1(1). <https://doi.org/10.18063/ESP.2016.01.002>
- Granata, F., & Di Nunno, F. (2025). Pathways for Hydrological Resilience: Strategies for Adaptation in a Changing Climate. *Earth Systems and Environment*. <https://doi.org/10.1007/s41748-024-00567-x>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc). (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1st ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

- John, F. A., Liliana, R.-C., & Michelle, R.-R. (2024). A synergistic approach to disaster risk reduction: Integrating collaborative evaluation. *Journal of Public Administration and Policy Research*, 16(2), 22–28. <https://doi.org/10.5897/JPAPR2024.0548>
- Kundzewicz, Z. W., & Matczak, P. (2015). Hydrological extremes and security. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 366, 44–53. <https://doi.org/10.5194/piahs-366-44-2015>
- Lopes, C. M., Costa, J. M., Egipto, R., Zarrouk, O., & Chaves, M. M. (2018). Can Mediterranean terroirs withstand climate change? Case studies at the Alentejo Portuguese winegrowing region. *E3S Web of Conferences*, 50, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001004>
- Mazzoleni, M., Mondino, E., Matanó, A., Van Loon, A. F., & Barendrecht, M. H. (2024). Modelling the role of multiple risk attitudes in implementing adaptation measures to reduce drought and flood losses. *Journal of Hydrology*, 636, 131305. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131305>
- McKee. (n.d.). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*.
- Mengoli, G., Harrison, S. P., & Prentice, I. C. (2023). A global function of climatic aridity accounts for soil moisture stress on carbon assimilation. *Biogeosciences*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1261>
- Naumann, G., Alfieri, L., Wyser, K., Mentaschi, L., Betts, R. A., Carrao, H., Spinoni, J., Vogt, J., & Feyen, L. (2018). Global Changes in Drought Conditions Under Different Levels of Warming. *Geophysical Research Letters*, 45(7), 3285–3296. <https://doi.org/10.1002/2017GL076521>
- Nguma, R. K., & Kiluva, V. M. (2022). Management of extreme hydrological events. In *Climate Impacts on Extreme Weather* (pp. 271–286). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88456-3.00009-5>
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological drought. *Tech. Rep. Weather Bur. Res. Pap*, 45.
- Santos, J. F., Carriço, N., Miri, M., & Razei, T. (2024). Distributed Composite Drought Index Based on Principal Component Analysis and Temporal Dependence Assessment. *Water*, 17(1), 17. <https://doi.org/10.3390/w17010017>
- Santos, J. F., Pulido-Calvo, I., & Portela, M. M. (2010). Spatial and temporal variability of droughts in Portugal. *Water Resources Research*, 46(3). <https://doi.org/10.1029/2009WR008071>
- Santos, J. F., Tadic, L., Portela, M. M., Espinosa, L. A., & Brleković, T. (2023). Drought Characterization in Croatia Using E-OBS Gridded Data. *Water*, 15(21), 3806. <https://doi.org/10.3390/w15213806>
- Sethi, G., Lavanya, C., Chandana, Ch., Mahajan, S., Pathani, A., Khurana, S., Kumar, S., & Alhadrawi, D. A. H. (2024). Assessing Sustainable Water Management Using Integrated Water Resources Management (IWRM). *E3S Web of Conferences*, 581, 01040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458101040>
- Svoboda, M. D., & Fuchs, B. A. (2016). *Handbook of drought indicators and indices*. World Meteorological Organization.
- Vicente-Serrano, S. M. (2016). Foreword: Drought complexity and assessment under climate change conditions. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), 7–11. <https://doi.org/10.18172/cig.2961>

- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: The Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Alves-Ferreira, J., Vara, M.G., Catarino, A., ... de Alda, M.L., Palma, P. 2024. Pesticide water variability and prioritization: The first steps towards improving water management strategies in irrigation hydro-agriculture areas, *Science of the Total Environment*, 917, 170304
- Azadi, F.; Ashofteh, P.S.; Loáiciga, H.A. Reservoir Water-Quality Projections under Climate-Change Conditions. *Water Resour. Manag.* 2019, 33, 401–421, doi:10.1007/s11269-018-2109-z.
- Catarino, A., Martins, I., Mourinha, C., ... Anastácio, P., Palma, P. 2024. Water Quality Assessment of a Hydro-Agricultural Reservoir in a Mediterranean Region (Case Study—Lage Reservoir in Southern Portugal), *Water (Switzerland)*, 16(4), 514.
- Coppens, J.; Özen, A.; Tavşanoğlu, T.N.; Erdoğan, Ş.; Levi, E.E.; Yozgatligil, C.; Jeppesen, E.; Beklioğlu, M. Impact of alternating wet and dry periods on long-term seasonal phosphorus and nitrogen budgets of two shallow Mediterranean lakes. *Sci. Total Environ.* 2016, 563–564, 456–467, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.04.028.
- Palma, P., Kuster, M., Alvarenga, P., Palma, V.L., Fernandes, R.M., Soares, A.M.V.M., López de Alda, M.J., Barceló, D., Barbosa, I.R. 2009. Risk assessment of representative and priority pesticides, in surface water of the Alqueva reservoir (South of Portugal) using on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Environment International*. 35(3): 545-551.
- Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V., Matos, C., Fernandes, R.M., Soares, A.M.V.M., Barbosa, I.R. 2010a. Assessment of anthropogenic sources of water pollution using multivariate statistical techniques: a case study of the Alqueva's Reservoir, Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*. 165:539-552.
- Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V., Matos, C., Fernandes, R.M., Soares, A.M.V.M., Barbosa, I.R. 2010b. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal). *Environmental Science and Pollution Research*. 17:703-716.
- Palma, P., Ledo, L., Soares, S., Barbosa, I.R., Alvarenga, P. 2014a. Spatial and temporal variability of the water and sediments quality in the Alqueva reservoir (Guadiana Basin; southern Portugal). *Science of the Total Environment*. 470–471: 780–790.
- Palma, P., Köck-Schulmeyer, M., Alvarenga, P., Ledo, L., Barbosa, I.R., López de Alda, M., Barceló, D. 2014b. Risk assessment of pesticides detected in surface water of the Alqueva reservoir (Guadiana basin, Southern of Portugal). *Science of the Total Environment*. 488–489, 208–219.
- Palma, P., Fialho, S., Lima, A., Novais, M. H., Costa, M. J., Montemurro, N., Pérez, S., Lopez de Alda, M. 2020. Pharmaceuticals in a Mediterranean Basin: The influence of temporal and hydrological patterns in environmental risk assessment. *Science of The Total Environment*. 709: 136205

- Palma P., Penha A., Novais M.H., Fialho S., Lima A., Mourinha C., Alvarenga P., Rosado A., Iakunin M., Rodrigues G., Potes M., Costa M.J., Moraes M., Salgado R. 2021a. Water-sediment physicochemical dynamics in a large reservoir in the Mediterranean region under multiple stressors? *Water*. 13 (5): 707
- Palma, P., Fialho, S., Lima A., Catarino, A., Costa, M.J., Barbieri, M.V., Monllor-Alcaraz, L.S., Postigo, C., Lopez de Alda, M. 2021b. Occurrence and risk assessment of pesticides in a Mediterranean Basin with strong agricultural pressure (Guadiana Basin: Southern of Portugal). *Science of The Total Environment*. 794: 148703
- Rocha, J.; Carvalho-Santos, C.; Diogo, P.; Beça, P.; Keizer, J.J.; Nunes, J.P. Impacts of climate change on reservoir water availability, quality and irrigation needs in a water scarce Mediterranean region (southern Portugal). *Sci. Total Environ*. 2020, 736, 139477, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139477.
- Sabater, S.; Bregoli, F.; Acuña, V.; Barceló, D.; Elosegi, A.; Ginebreda, A.; Marcé, R.; Muñoz, I.; Sabater-Liesa, L.; Ferreira, V. Effects of human-driven water stress on river ecosystems: A meta-analysis. *Sci. Rep*. 2018, 8, 1–11, doi:10.1038/s41598-018-29807-7.
- Smeti, E.; von Schiller, D.; Karaouzas, I.; Laschou, S.; Vardakas, L.; Sabater, S.; Tornés, E.; Monllor-Alcaraz, L.S.; Guillem-Argiles, N.; Martinez, E.; *et al*. Multiple stressor effects on biodiversity and ecosystem functioning in a Mediterranean temporary river. *Sci. Total Environ*. 2019, 647, 1179–1187, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.105.
- Beven, K.: Towards integrated environmental models of everywhere: uncertainty, data and modelling as a learning process, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 460–467, <https://doi.org/10.5194/hess-11-460-2007>, 2007.
- Bierkens, M. F. P. (2015), Global hydrology 2015: State, trends, and directions, *Water Resour. Res.*, 51, 4923–4947, doi:10.1002/2015WR017173.
- Clark, M.P., Bierkens, M.F., Samaniego, L., Woods, R.A., Uijlenhoet, R., Bennett, K.E., Pauwels, V., Cai, X., Wood, A.W. and Peters-Lidard, C.D., 2017. The evolution of process-based hydrologic models: historical challenges and the collective quest for physical realism. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(7), pp.3427-3440.
- ERSAR (2024). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) 2023, Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos, elaborado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), publicado em fevereiro de 2024, ISBN: 978-989-8360-46-5.
- ERSAR. (2010a) Guia Técnico 16: Gestão patrimonial de infra estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, publicado em dezembro de 2010, ISBN:978 989 8360 04 5.
- ERSAR. (2011b) Guia Técnico 17: Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais. Uma abordagem centrada na reabilitação, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, publicado em dezembro de 2010, ISBN: 978-989-8360-05-2.
- Teufel, B., Bonsal, B., Clark, M., Costa, D., Fortin, V., Pietroniro, A., ... Rao, Y. R. (2025). Towards a Canadian National water quality model: challenges and opportunities. *Canadian Water Resources Journal / Revue Canadienne Des Ressources Hydriques*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/07011784.2025.2536031>

CAPÍTULO 12

RECURSOS HÍDRICOS NAS REGIÕES AUTÓNOMAS



CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES

Hugo Pacheco

Presidente do Núcleo Regional das Regiões Autónomas.

Situado no Atlântico Norte, o arquipélago dos Açores é um verdadeiro laboratório natural, de enorme importância para quem estuda a geodinâmica e o clima.

Correspondendo as ilhas dos Açores à emergência de montanhas submarinas da designada Plataforma dos Açores, está a mesma localizada na junção tripla das placas Euroasiática, Norte-Americana e Africana. Esta localização na junção tripla, explica a intensa atividade geológica e vulcânica registada nos Açores.

Desta localização, resulta a presença de importantes estruturas como é o caso da (1) Crista Médio-Atlântica (CMA), uma cordilheira montanhosa submarina, que atravessa o arquipélago, contribuindo para a sua contínua atividade vulcânica e sísmica, (2) a Falha Glória (que corresponde ao segmento da Falha Açores-Gibraltar), que exerce uma significativa influência na sismicidade dos Açores e (3) o Rift da Terceira (ou Rift dos Açores), que influencia a atividade vulcânica das ilhas Terceira, Graciosa e São Miguel.

A sismicidade dos Açores é, pois, influenciada pela atividade vulcânica e interação entre as placas tectónicas da região, que pese embora seja frequente não apresenta uniformidade comportamental em toda o arquipélago. Neste aspeto verifica-se que a atividade sísmica é mais frequente e intensa nas áreas próximas dos limites das placas tectónicas, constituindo-se o Rift da Terceira (ou Rift dos Açores), em particular, como uma zona de elevada atividade sísmica.

Relativamente à geomorfologia das ilhas açorianas, esta resulta tal como a sismicidade, da interação entre as placas tectónicas e a atividade vulcânica, bem como da ação dos processos exógenos, nomeadamente erosão, intemperismo e processos marinhos. Em resultado desta interação entre processos endógenos e exógenos, vamos encontrar uma orografia acidentada, composta por cones vulcânicos de grande porte (estratovulcões) como é o caso da ilha do Pico, grandes caldeiras, grutas e encostas íngremes. A costa das ilhas, e em resultado dos marinhos, vamos encontrar falésias em todas as ilhas, bem como praias em algumas delas.

Hidrogeologia das ilhas açorianas

As águas subterrâneas constituem a principal origem de água para abastecimento público da população, estando a hidrogeologia subterrânea relacionada com a origem vulcânica das ilhas, influenciando dessa forma as características dos aquíferos.

Neste campo, os basaltos, rochas de origem vulcânica predominantes nos Açores, apresentam características de permeabilidade superiores a outras rochas, como sejam os traquitos, que pese embora possam formar aquíferos, a sua capacidade de armazenamento é mais limitada ou com os ignimbritos, cuja capacidade de formar aquíferos é altamente variável.

Ou seja, às formações vulcânicas basálticas, estão associados os principais aquíferos, variando as suas características de ilha para ilha e de acordo com os padrões de pluviosidade.

No que concerne à circulação e recarga natural dos aquíferos, as estruturas tectónicas, como falhas e fraturas, exercem um papel fundamental funcionando como conduto preferencial para o fluxo da água ou como barreira ao seu movimento.

Quanto à hidrologia superficial, a mesma é caracterizada por uma rede hidrográfica densa e diversificada, composta por ribeiras de regime permanente ou torrencial, lagoas de cratera e zonas húmidas, como pauis e turfeiras. Sendo as ribeiras geralmente de pequena dimensão, o seu caudal é profundamente influenciado pela precipitação, as lagoas formam importantes reservatórios de água doce, localizando-se por norma em extintas crateras vulcânicas. Mas são as zonas de turfeiras aquelas que desempenham, quanto à regulação do ciclo hidrológico, o papel mais crucial ao armazenar água e libertando-a gradualmente.

Importa ainda fazer referência a um aspeto fundamental da hidrologia das ilhas açorianas que é a relação entre águas superficiais e subterrâneas, na qual as zonas onde as águas subterrâneas emergem à superfície, designadas como zonas de descarga dos aquíferos, são fundamentais para garantir o caudal de base das ribeiras e lagoas, mesmo em situações de menor pluviosidade.

Clima

A posição atlântica do arquipélago dos Açores, e a influência da Corrente do Golfo e do Anticiclone dos Açores, ditam as principais características climáticas como são a temperatura, pluviosidade e precipitação, sendo de acordo com a classificação de Köppen, incluído na categoria dos climas temperados quentes (grupo C), onde são reconhecidas as quatro estações do ano.

Sendo a temperatura do ar caracterizada pela sua amenidade ao longo do ano e pela sua reduzidas amplitude térmica, esta varia entre os 14°C e 22°C, variando a temperatura média da água do mar entre os 16 °C e os 25 °C, onde se verifica a o transporte de águas quente do Golfo do México, influenciadas pela Corrente do Golfo.

Ao Anticiclone dos Açores, um sistema de alta pressão atmosférica semipermanente, está associado a distribuída da pluviosidade ao longo do ano, variando esta entre os 1000 mm e 2500 mm, aumento o seu volume com a altitude de cada uma das ilhas.

Outra das influenciadas associadas ao Anticiclone dos Açores é a pressão atmosférica e húmida do ar, sendo esta elevada devido à proximidade do oceano e à evaporação constante.

Evolução Histórica da Gestão da Água nos Açores

O desenvolvimento da gestão das águas dos Açores é um caminho longo e rico que reflete as necessidades da população e os desafios do desenvolvimento do arquipélago. A proximidade às nascentes de água e ribeiras determinou o local dos primeiros aglomerados populacionais, como forma de satisfazer aquelas que eram as necessidades à época. A chegada do século XX trouxe consigo a expansão dos centros urbanos e o impulso da indústria impuseram novos desafios, o que levou a um aumento das necessidades de água, obrigando por isso ao planeamento da gestão dos recursos hídricos, que pudesse

acompanhar essa transformação. Fica este período marcado pela construção das primeiras infraestruturas de exploração e distribuição de água.

Atualmente, a legislação e as políticas relacionadas com a água refletem um compromisso com a sustentabilidade, estando as mesmas em consonância com as diretivas da União Europeia, em especial a Diretiva-Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE). Sendo prioritário proteger a qualidade da água, gerir a sua quantidade de forma eficiente e adaptar-se aos efeitos das mudanças climática, o Plano Regional da Água (PRA) desempenha um papel fundamental como principal instrumento de planeamento setorial, definindo metas e ações para a gestão da qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Complementarmente, o Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores (PGRH) estabelece as medidas necessárias para alcançar o bom estado ecológico das massas de água, incluindo programas de monitorização, ações de proteção de áreas de captação e iniciativas de educação ambiental.

É inegável que a evolução das infraestruturas de abastecimento e saneamento tem sido fundamentais para garantir o bem-estar das populações, sendo fundamental neste quadro, a melhoria dos indicadores de reabilitação destas infraestruturas, por forma a assegurar o abastecimento ininterrupto a toda a população.

Apesar dos avanços significativos, a gestão da água nos Açores enfrenta desafios complexos, representando as alterações climáticas uma ameaça crescente.

Programa Regional da Água dos Açores

Numa região com características geográficas e climáticas peculiares, onde a água desempenha um papel crucial para a biodiversidade, a economia e o bem-estar da população, o Programa Regional da Água dos Açores (PRA) assume uma importância estratégica, centrando o seu objetivo na gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos do arquipélago. Para alcançar estas metas, o PRA concentra-se em três pilares fundamentais. Primeiramente, visa garantir a qualidade da água, o que implica a prevenção da poluição das massas de água superficiais e subterrâneas, a monitorização e avaliação contínua da sua qualidade, e a implementação de medidas eficazes para o tratamento de águas residuais. Em segundo lugar, o programa procura assegurar a disponibilidade de água, promovendo a gestão eficiente dos recursos hídricos para atender às necessidades dos diversos setores, incentivando a utilização racional da água através de campanhas de sensibilização e medidas de eficiência hídrica, e adaptando-se aos desafios das alterações climáticas. Por fim, o PRA tem como objetivo proteger os ecossistemas aquáticos, o que envolve a conservação da biodiversidade aquática e dos habitats naturais, a recuperação de áreas degradadas, e a promoção de práticas agrícolas e florestais sustentáveis.

Para a concretização destes objetivos, o PRA propõem um conjunto abrangente de ações como seja a elaboração e atualização dos planos de gestão de bacias hidrográficas, a implementação de sistemas de informação e monitorização dos recursos hídricos, e a coordenação com outros instrumentos de planeamento territorial e setorial, garantindo uma abordagem integrada.

Relativamente ao Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores (PGRH-Açores) 2022-2027 ele procura através de um conjunto de medidas específicas que, seja possível enfrentar e ultrapassar os desafios únicos do ambiente insular e, assim, assegurar a disponibilidade e qualidade da água para as gerações atuais e futuras.

Neste cenário, destaca-se a melhoria do conhecimento como uma das principais estratégias, para fazer face aos desafios atuais, quer através do reforço da monitorização da qualidade e quantidade da água, quer através do desenvolvimento de modelos hidrológicos que permitam simular o comportamento dos sistemas hídricos e os eventuais impactos das alterações climáticas.

Outra das estratégias previstas, e fundamental, para proteção e gestão dos aquíferos existentes, será a delimitação e implementação dos perímetros de proteção em torno das origens de água destinadas ao consumo humanos, evitando desta forma a eventual contaminação difusa e pontual da água, por atividades agrícolas ou antropogénicas como seja as descargas industriais ou urbanas de águas residuais.

A gestão integrada de cheias e secas constitui também uma estratégia essencial, que se traduz no desenvolvimento e implementação de sistemas de alerta precoce para cheias e secas, na construção e manutenção de infraestruturas de retenção de água, na implementação de medidas de adaptação às alterações climáticas, e na elaboração e implementação de planos de contingência para situações de seca prolongada.

Por fim, o reforço da governação é uma estratégia fundamental para o sucesso do PGRH-Açores, que se traduz no reforço da coordenação entre as diferentes entidades responsáveis pela gestão da água, na promoção da participação pública no processo de gestão da água, na promoção da cooperação com outras regiões ultraperiféricas, e na implementação de um sistema de monitorização e avaliação da eficácia das medidas do PGRH-Açores.

Ameaças e desafios à gestão dos recursos hídricos

É inegável que a gestão sustentável dos recursos hídricos nos Açores é, e será, crucial para garantir a disponibilidade de água para as próximas gerações, para além da proteção dos ecossistemas aquáticos e por consequências do desenvolvimento económico.

Sendo a vulnerabilidade às alterações climáticas e as pressões antropogénicas as principais ameaças e desafios à garantia de água para as gerações futuras, tal facto exige uma abordagem integrada e proativa de todas as partes.

No que concerne às alterações climáticas, as projeções apontam para a modificação dos regimes de precipitação habituais, com a concentração dos períodos de precipitação, sendo estes de maior magnitude, e alternando com a ocorrência de secas mais frequentes durante os meses do verão, colocando esta variações enorme pressão sobre a recarga dos aquíferos subterrâneos e consequente disponibilidade de água para o consumo humano, para a agricultura e para outras finalidades.

Por outro lado, o aumento da temperatura do ar, outro efeito das mudanças climáticas, poderá agravar ainda mais a situação, atendendo ao aumento da evapotranspiração que reduzirá a disponibilidade de água superficial e subterrânea.

Quanto às pressões antropogénicas, a crescente procura por água para consumo humano, agricultura e turismo tem levado à sobre-exploração dos aquíferos em algumas ilhas. Esta sobre-exploração dos aquíferos, que ocorre quando a extração de água ocorre a taxas superiores ao da recarga natural dos aquíferos tem resultado na diminuição dos níveis freáticos e no aumento do risco de intrusão salina em áreas costeiras, comprometendo a disponibilidade futura do recurso.

Outras das pressões antropogénicas que se configura como uma das principais ameaças é a contaminação da água por atividades agrícolas e urbanas, seja devido ao uso intensivo de fertilizantes e pesticidas na agricultura, seja devido ao lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados ou insuficientemente tratados no meio recetor.

Soluções inovadoras para a Gestão da Água

Os desafios crescentes na gestão dos recursos hídricos nos Açores exigem a implementação de novas e sustentáveis soluções, alicerçadas em três pilares fundamentais: (1) a recarga artificial de aquíferos, (2) a reutilização de águas residuais e (3) a consciencialização pública com participação ativa das comunidades.

- Recarga Artificial de Aquíferos: Reforçando a Resiliência Hídrica

A recarga artificial de aquíferos constitui uma estratégia fundamental para promover a disponibilidade de água subterrânea, sobretudo em ilhas onde a sobre-exploração e intrusão salina são um sério desafio. Na prática, esta é uma técnica cada vez mais utilizada como forma de aumentar a disponibilidade de água subterrânea, através da infiltração controlada de água proveniente da chuva ou águas residuais tratadas. Deste modo, é criada uma barreira à intrusão salina e por consequência é melhorada a qualidade da água nestes aquíferos.

Atualmente encontram-se em desenvolvimento nos Açores demonstrativos, com recursos a soluções de base natural, que procuram estudar a sua eficácia na melhoria da qualidade da água contaminada por sais, resultantes da intrusão salina, como é o caso do Furo das Cancelas na ilha do Faial.

- Reutilização de Águas Residuais: Uma Abordagem Circular para a Água

A reutilização de águas residuais tratadas, nomeadamente para outros fins que não o consumo humano, apresenta-se como uma solução viável para atenuar e reduzir a pressão sobre os recursos hídricos convencionais, para além de incentivar a circularidade da água.

Esta solução baseia-se no tratamento de águas residuais, através de sistemas avançados, capazes de eliminar os poluentes presentes, obtendo-se um recurso viável para ser reaproveitado para fins não potáveis, como irrigação agrícola, lavagem de ruas, recarga de aquíferos ou fins industriais.

- Consciencialização Pública e Participação das Comunidades: O Envolvimento da Sociedade na Gestão da Água

A consciencialização pública e a participação ativa das comunidades são outros dos fatores fundamentais na garantia da gestão sustentável dos recursos hídricos. Uma abordagem assente em campanhas de educação e sensibilização pode ampliar o nível de conhecimento público das razões pelo qual é necessária implementar medidas que visem proteger e conservar os recursos hídricos.

Um envolvimento forte das comunidades no processo de conceção e implementação de políticas e projetos de gestão da água certamente fomenta e garante que as decisões tomadas, são realizadas de forma transparente e equitativa, e de que as soluções se encontram alinhadas com as necessidades e características geográficas ou culturais de cada um dos municípios.

CAPÍTULO 13

CONVENÇÃO DE ALBUFEIRA



A DIMENSÃO IBÉRICA DA GOVERNANÇA DA ÁGUA EM PORTUGAL

Susana Neto^{1,2}

¹ APRH

² Universidade de Lisboa

Contexto atual e desafios da governança da água

A ameaça atual de crescente escassez física, económica ou social de água exige uma estratégia dimensionada pelas escalas territoriais e temporais, com especial atenção a fenómenos extremos imprevisíveis cujos impactos apenas podem ser minorados por medidas de contingência a prever em diferentes cenários. A política da água enquadrada por princípios de boa governança deve ser adaptada aos contextos territoriais (município, bacia, região, país, península ibérica, Europa e mundo).

Considera-se necessária atenção aos seguintes aspetos de reforço da política da água, no sentido de esta ser efetivamente apoiada e enquadrada por práticas de boa governança, a curto e médio prazo (Neto, 2023):

- Reforço urgente do papel de ‘agência’ das administrações regionais de bacia, revertendo a perda de poder da última década. Mais capacitação e manutenção de diálogo entre os técnicos de planeamento territorial, dos recursos hídricos e dos serviços de água.
- Adoção de uma visão diferente na elaboração dos PGRH no sentido de os converter em agendas operacionais, abrangendo outras escalas territoriais de análise e outros níveis de intervenção setorial, em parceria com os outros atores setoriais e agentes do desenvolvimento. Promoção de uma verdadeira integração política de todos os Instrumentos de Gestão Territorial, para uma constante partilha de medidas e ações relativas aos usos do solo e da água.
- Consideração da dimensão ibérica e atlântica na política da água de Portugal, com particular atenção à escassez e seca na região peninsular e os grandes ciclos hidrológicos e de materiais nesse contexto. Formulação de políticas nacionais com estratégias de longo prazo e programas de medidas de contingência para fazer face a situações excecionais e eventos extremos (seca e desertificação, ondas de calor, incêndios florestais, cheias e inundações).
- Estabelecimento de diálogos permanentes, informados e transparentes para a opinião pública, no quadro da Convenção de Albufeira (CA) de 1998. Implementação de um diálogo regional (supranacional) permanente, visando com maior ambição o estabelecimento de uma estratégia conjunta face aos efeitos das alterações climáticas no território da Península Ibérica.

A Convenção de Albufeira como Plataforma de governança ibérica

Torna-se desnecessário reforçar a importância diplomática e política de que a CA se reveste na regulação dos usos das águas internacionais em Portugal e Espanha. Assim como é redundante relembrar que todo o quadro de planeamento dos recursos hídricos nacionais nas regiões hidrológicas ibéricas tem sido enquadrado por esta Convenção, ainda que nem sempre esse enquadramento tenha sido claro e eficaz no espaço público.

A assinatura da CA concretizou objetivos complexos e amplos na gestão do recurso essencial que é a água, chamando a atenção para o interesse que a solução que Portugal e Espanha adotaram, no quadro da União Europeia, sobretudo quando se discutia nessa altura em Bruxelas todo o enquadramento e conceitos que vieram a enformar a Diretiva Quadro da Água (DQA), aprovada em 2000. Por ser dada uma relevância fundamental aos princípios da integralidade das bacias hidrográficas e da decorrente limitação à liberdade total na utilização do recurso comum, de onde decorre a indispensabilidade de cooperação internacional para atingir objetivos gerais de sustentabilidade, o texto da Convenção ganhou grande oportunidade e atualidade, após o estabelecimento da DQA.

Segundo especialistas, uma das importantes razões residiu também na necessidade da resolução do problema da escassez de recursos hídricos da vertente mediterrânea da Península Ibérica e equilíbrio no acesso à água entre os dois Estados (APRH, 2023-2024. Editorial RH).

A Diretiva Quadro da Água como mecanismo de cooperação transnacional

A DQA centra-se em torno de duas entidades na gestão hidrológica: a bacia hidrográfica e a massa de água. A bacia hidrográfica é a área terrestre a partir da qual todas as escorrências superficiais fluem através de uma sequência de rios, rios e, eventualmente, lagos para o mar; uma massa de água é um elemento distinto das águas superficiais ou subterrâneas (Josefsson, 2025). A utilização ou poluição da água no interior de uma bacia hidrográfica ocorre frequentemente à escala das massas de água, mas pode ainda transcender as fronteiras nacionais à medida que a água flui de um Estado para o outro. Uma vez que todos os Estados-Membros são obrigados pela DQA a alcançar o seu objetivo de «bom estado» e a evitar a deterioração do estado atual, a utilização ou a poluição da água num Estado pode resultar no incumprimento da DQA noutro Estado, constituindo uma situação transnacional que, segundo a DQA, poderá ser gerida através da cooperação transfronteiriça entre os Estados-Membros. A DQA ganha assim um importante estatuto no domínio do direito da água da UE (Ibid).

Portugal e Espanha na região ibérica: identidade e conflito

O acesso à água na região da Península Ibérica é um tema recorrente e os conflitos inerentes têm décadas de colaboração, negociação e reclamação de recursos partilhados, entre os dois lados da fronteira. Com o agravamento das alterações climáticas (de que decorrem eventos extremos mais violentos) e com a intensificação de culturas ávidas de água para regadio, estes conflitos tenderão a ser mais difíceis de resolver ou arbitrar. A existência de uma Convenção e da DQA podem apoiar esta arbitragem, mas não a esgotam.

A implementação da DQA tem desempenhado um papel fundamental na transformação gradual de alguns aspetos da gestão e governação da água em Portugal e Espanha, apesar da resistência política dos membros das comunidades tradicionais de política da água, que têm dificultado o progresso (Martinez *et al*, 2020). A abordagem integradora da DQA sobre as dimensões hidrológica, ecológica, económica e social no processo de planeamento e gestão da água na Europa, abordou as limitações recorrentes resultantes da anterior abordagem fragmentada, centrada na quantidade de água e na qualidade química para utilizações específicas. Em Espanha e Portugal, tal como noutros países europeus, a adoção da DQA reestruturou significativamente as práticas de gestão da água, proporcionando um importante fator de mudança institucional (Ibid).

Apenas uma maior cooperação política e uma visão conjunta regional poderão ser fatores de progresso neste domínio. No entanto, sob um paradigma de intensificação de culturas irrigadas e pressão para produção de espécies economicamente passíveis de exportação e benefícios financeiros, será um enorme desafio fazer face a esta competição pelos recursos de água.

Por outro lado, a agricultura, embora o mais consumidor, não é o único utilizador. O abastecimento doméstico e o turismo estão na primeira linha desta competição.

Internamente, cada Estado deverá igualmente rever as suas políticas de gestão e governança de água, face a uma perspetiva mais territorial e de respeito por princípios de regulação ecológica. O planeamento territorial não pode continuar a estar desfasado da componente de política de gestão da água, sob o risco desta divergência vir a tornar impossível a subsistência de sistemas naturais e a sustentabilidade de comunidades inteiras. Não é o facto de se encherem albufeiras que permite aos territórios reencontrar um equilíbrio natural, ou aos rios e massas de água recuperarem a sua qualidade ecológica e o 'bom estado' que a DQA exige. Não esquecendo os direitos humanos e a prioridade de manter os sistemas de abastecimento de água funcionais e em regime de permanência.

Se a região ibérica tem uma vantagem comparativa com outros Estados da União Europeia, é exatamente esta capacidade de compreender os desafios mais críticos através da partilha incontornável dos principais cursos de água. Se uma mudança de paradigma incentivou a implementação da DQA no sentido da visão integradora da gestão da água na ecologia e na economia, hoje deparamo-nos com a necessidade de outra mudança de paradigma na região ibérica: a sustentabilidade do seu desenvolvimento face às alterações climáticas e às crises de natureza diversa. O crescimento económico a todo o custo não será nunca a solução dos nossos problemas comuns.

Referências Bibliográficas

APRH, 2023-2024. *A Convenção sobre Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas*. Editorial do Volume especial - Convenção de Albufeira. Volume 44, Nº 2 - dezembro 2023 - <https://www.aprh.pt/rh/v44n2.html>

Josefsson, H. 2025. *The Water Framework Directive and Transnational Situations: a Call to Rethink Transboundary Water Management?* In: *Journal for European Environmental & Planning Law*. Online Publication Date: 17 Mar 2025 - *The Water Framework Directive and Transnational Situations: a Call to Rethink Transboundary Water Management?* in: *Journal for European Environmental & Planning Law* Volume 22 Issue 1-2 (2025)

Martínez-Fernández, J.; Neto, S.; Hernández-Mora, N.; Del Moral, L.; La Roca, F. 2020. The role of the Water Framework Directive in the controversial transition of water policy paradigms in Spain and Portugal. *Water Alternatives* 13(3)

Neto, S. 2023. *Boa governança e Política da Água em Portugal em contexto de Mudanças Climáticas, Demográficas e Económicas*, apresentação à sessão Arouca 20 de outubro 2023

RECURSOS HÍDRICOS EM PORTUGAL

O livro Recursos Hídricos em Portugal nasce de um desafio lançado à “tribo da água” da APRH – comissões especializadas, núcleos regionais, associados e especialistas de referência – para, em conjunto, trabalharmos num estado da arte dos recursos hídricos em Portugal.

Os capítulos deste livro são heterogéneos em âmbito, abordagem e dimensão, sendo resultantes de olhares distintos. Mas é nesta diversidade, no envolvimento e no esforço conjunto que a obra encontra a sua identidade própria e a sua força.

Este livro não pretende apresentar caminhos fechados, mas antes abrir novos debates, colocar perguntas e lançar as bases para o desenho de soluções, constituindo um instrumento de apoio para quem decide, estuda, regula, investe ou se preocupa com o futuro da água em Portugal.

