

GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

Operational Management of Hydraulic Infrastructures

JORGE CARDOSO-GONÇALVES ⁽¹⁾ e JOSÉ TENTÚGAL-VALENTE ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Doutorando em Eng. Civil, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, up200902986@fe.up.pt*

⁽²⁾ *Professor Associado, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, tvalente@fe.up.pt*

Resumo

A gestão operacional das infraestruturas hidráulicas com base numa análise multicritério, na avaliação do risco e considerando critérios de decisão predefinidos, pretende responder aos principais desafios com os quais as diferentes entidades gestoras e intervenientes se deparam na exploração dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. A disponibilidade de dados de exploração dos sistemas, em grande volume e em tempo real, significa um novo paradigma na abordagem dos problemas.

A eficiente gestão dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, assim como das infraestruturas que os suportam, envolve a otimização de procedimentos nos diferentes níveis da estrutura organizacional das entidades gestoras. Do ponto de vista operacional, a gestão patrimonial de infraestruturas, a gestão do risco e a gestão técnica assumem particular relevância.

Partindo de dados de exploração dos sistemas (cadastró, monitorizações, históricos de operação e manutenção), a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas procura reduzir custos de exploração e incrementar a qualidade do serviço prestado. A utilização de casos de estudo (abastecimento de água; drenagem de águas residuais; drenagem de águas pluviais; estações de tratamento de águas residuais com emissário submarino) possibilita o desenvolvimento, a validação e a aplicação de metodologias.

Tendo em conta os diversos contributos científicos na área e os dados reais disponíveis, pretende-se investigar, de forma sistemática, a gestão operacional, visando a obtenção de resultados práticos que possam apoiar a exploração das infraestruturas. Com esta investigação pretende-se introduzir o conceito de gestão informada pelo risco, associada à otimização de procedimentos operacionais e organizacionais, possibilitando uma tomada de decisão menos reativa e mais sustentada no desempenho dos sistemas e no risco associado às suas componentes.

Palavras-chave: Gestão operacional, abastecimento de água, drenagem de águas residuais, infraestruturas hidráulicas, gestão patrimonial de infraestruturas, gestão do risco, gestão técnica.

Abstract

The operational management of hydraulic infrastructures based on a multicriteria analysis, on risk assessment and on predefined decision criteria aims to respond to the main challenges with which the different management entities and stakeholders are faced in the operation of water supply systems and wastewater drainage. The availability of system operating data in a large volume and in real time means a new paradigm in the approach of the problems.

The efficient management of water supply and wastewater drainage systems, as well as the infrastructure that supports them, involves the optimization of procedures at the different levels of the organizational structure of the management entities. From the operational point of view, infrastructure management, risk management and technical management are of particular relevance.

Starting from the systems operating data (register, monitoring, operation and maintenance history), the operational management of hydraulic infrastructures seeks to reduce operating costs and increase the quality of the provided service. The use of case studies (water supply, wastewater drainage, rainwater drainage, sewage treatment plants with underwater emissary) enables the development, validation and application of methodologies.

Taking into account the various scientific contributions in the area and the actual available data, it is intended to investigate systematically the operational management, aiming to obtain practical results that can support the exploitation of infrastructures. This research intends to introduce the concept of management informed by the risk, associated to the optimization of operational and organizational procedures, enabling a less reactive decision-making and more sustained in system performance and in the risk associated with its components.

Keywords: Operational management, water supply, drainage of wastewater, water infrastructures, infrastructure asset management, risk management, technical management.

1. Introdução

1.1. Considerações gerais

Recurso natural de elevada importância, a água desempenha um papel crucial na localização, função e desenvolvimento das comunidades (OCDE, 1999). A gestão sustentável da água deve constituir uma aposta assertiva das entidades envolvidas, refletida em instrumentos legais e de gestão.

As infraestruturas hidráulicas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais desenvolvem-se maioritariamente no subsolo, revelando-se invisíveis ou pouco visíveis. Por isso, relegam-se, frequentemente, para segundo plano. As entidades gestoras devem considerar, nos seus objetivos, a conceção, a execução e a exploração adequadas e atempadas (Sousa, 2012).

O papel da engenharia, em articulação com outras atividades, encontra-se relacionado com o planeamento, a conceção, a gestão, a monitorização e a reabilitação das infraestruturas (*p. ex.*: vias de comunicação, sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais, recolha e depósito de resíduos, sistemas de produção e distribuição de energia, canais, entre outras), protegendo pessoas, bens e o meio ambiente, de eventos naturais e da ação antrópica (Faber, 2009).

O objetivo da Hidráulica Urbana prende-se com a disponibilização de meios técnicos direcionados para o aproveitamento do recurso água em correspondência com as necessidades da sociedade, visando garantir que, após a sua utilização, a rejeição se efetua sem afetar o equilíbrio global do meio recetor (Tentúgal-Valente, 2007).

A gestão da água depara-se com incertezas e riscos, inerentes às características deste recurso natural, que se encontra associado a eventos com acentuada variabilidade, a nível espacial e temporal. Os riscos relacionados com eventos naturais (*p. ex.*: cheias) motivaram medidas mitigadoras (*p. ex.*: obras de defesa). Os critérios de segurança que se definem para as obras de engenharia a implementar baseiam-se na experiência acumulada e no conhecimento científico (Almeida, 2011).

O conhecimento automático de dados de operação atualmente possível (*p. ex.*: consumos associados a diferentes setores da rede) representa um novo paradigma da gestão das infraestruturas hidráulicas. A utilização de dados reais no dimensionamento e na exploração de infraestruturas dos sistemas de abastecimento constitui um passo crucial na obtenção de sistemas mais eficientes (Cardoso-Gonçalves, 2014).

1.2. Objetivos

O objetivo central da presente investigação relaciona-se com a abordagem aos principais desafios da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, com vista à preparação de metodologias de otimização de procedimentos operacionais, introduzindo o conceito de gestão operacional informada pelo risco. O trabalho desenvolve-se no sentido de dar cumprimento aos seguintes objetivos específicos:

- Enquadrar a temática da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas;

- Sistematizar o estado da arte;
- Abordar a aplicação das temáticas desenvolvidas a futuros casos de estudo;
- Discutir as temáticas introduzidas e os desenvolvimentos em perspetiva.

2. Desafios

2.1. Abordagem

Os desafios da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas reúnem-se na procura de estruturas, procedimentos e ações cada vez mais otimizados, com vista a sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais mais eficientes. Abordam-se diferentes temáticas relacionadas com as infraestruturas e com a sua gestão, designadamente:

- Ciclo Urbano da Água;
- Sistemas de Abastecimento de Água;
- Sistemas de Drenagem de Águas Residuais;
- Estações de Tratamento de Águas Residuais;
- Emissários Submarinos;
- Gestão Patrimonial de Infraestruturas Hidráulicas;
- Gestão do Risco;
- Gestão Técnica de Infraestruturas Hidráulicas.

As componentes da investigação supramencionadas incluem-se no sentido de estabelecer um contexto teórico (estado da arte abrangente), preparando o desenvolvimento futuro de metodologias e a sua aplicação a casos de estudo.

A abordagem, do ponto de vista dos desafios, pretende lançar as bases para a investigação que se encontra em desenvolvimento, sistematizando as principais linhas orientadoras que a caracterizam.

2.2. Ciclo urbano da água

A presença de água na terra configura um fenómeno renovável, enquadrando-se esta renovação numa trajetória cíclica da água, através da biosfera, designada por “ciclo hidrológico” ou “ciclo da água” (Tentúgal-Valente, 2007). As ações antrópicas interferem no ciclo hidrológico, dando origem a dois subciclos, nomeadamente o ciclo “industrial” da água e o ciclo “urbano” da água (Marques e Sousa, 2009).

A utilização adequada da água para consumo humano, tendo em conta os diferentes aspetos da intervenção antrópica, relaciona-se com procedimentos adotados na captação e na distribuição de água em condições de potabilidade, bem como na recolha, no transporte e na devolução das águas residuais aos meios recetores.

O ciclo urbano da água (captação, distribuição, recolha, transporte e devolução) constitui uma parte do ciclo hidrológico, no qual intervém mais acentuadamente o Homem (Tentúgal-Valente, 2007).

O ciclo industrial da água relaciona-se com as utilizações ligadas à indústria e à agricultura, à produção de energia e ao arrefecimento de centrais térmicas e term nucleares (Marques e Sousa, 2009).

A gestão integrada dos recursos hídricos constitui uma necessidade gerada pela complexidade das interações entre as diferentes utilizações da água e as consequências sociais, económicas e ambientais associadas. No presente e no futuro, a gestão integrada da água visa a garantia da água para consumo doméstico e público, produção alimentar, desenvolvimento socioeconómico e conservação de ecossistemas aquáticos importantes, reduzindo o potencial conflito resultante de abordagens setoriais (Hipólito e Vaz, 2011).

Revela-se consensual a consideração do valor água nas vertentes económica, social e ambiental, embora se reconheçam dificuldades na aplicação prática desta constatação (Hipólito e Vaz, 2011). Referem-se os principais objetivos da gestão integrada dos recursos hídricos (Correia, 2003):

- Disponibilizar água suficiente para as necessidades, adequando-as às disponibilidades;
- Proteger as sociedades de desastres naturais ou antrópicos (*p. ex.*: cheias, secas, poluição);
- Assegurar as origens de água a longo prazo, preservando e melhorando a qualidade das massas de água e dos ecossistemas.

A preservação do recurso água necessita da garantia de eficiência nas diferentes etapas do ciclo urbano da água, segundo uma perspetiva de gestão integrada. Este desafio pode designar-se como “gestão integrada do ciclo urbano da água”, que visa a gestão sustentável dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (Cardoso-Gonçalves, 2016).

2.3. Abastecimento de água

O abastecimento de água apoia-se em infraestruturas que devem gerir-se com critérios de eficiência que implicam um conhecimento alargado dos sistemas e das solicitações associadas. Referem-se os principais desafios relacionados com o abastecimento de água:

- Caracterização de consumos;
- Disponibilidade de dados reais;
- Controlo de perdas de água;
- Garantia de qualidade da água;
- Eficiência das componentes dos sistemas.

A caracterização dos consumos de água em áreas de características distintas e a tipificação da sua influência nas infraestruturas da rede, nomeadamente em reservatórios, identificam-se como uma ferramenta relevante na gestão dos sistemas de abastecimento de água. A abordagem aos consumos de água deverá efetuar-se com rigor e de forma sistematizada, direcionando-se para a realidade das infraestruturas que integram os sistemas de abastecimento (Cardoso-Gonçalves, 2014).

A gestão eficiente dos sistemas de distribuição de água e o potencial associado aos sistemas de telemetria, como geradores de dados de consumo, constituem desafios relacionados com o conhecimento mais aprofundado dos consumos urbanos, particularmente do consumo doméstico.

A utilização destes dados em usos de engenharia representa um caminho a percorrer, pela exigência que os referidos usos requerem dos dados recolhidos (Loureiro, 2012).

A água não faturada identifica-se como um dos principais indicadores para avaliar a eficiência de uma entidade gestora. A redução das perdas de água necessita da mobilização de todos os departamentos das entidades, delegando responsabilidade nos colaboradores e premiando os resultados alcançados (Poças-Martins, 2008).

As entidades gestoras devem observar continuamente o funcionamento da totalidade das componentes dos sistemas que se encontram na sua área de ação (captação, tratamento, adução, elevação, armazenamento, distribuição), visando a deteção e a correção, em tempo útil, de eventuais alterações na qualidade da água (Rodrigo *et al.*, 2007).

2.4. Drenagem de águas residuais

A erradicação dos resíduos líquidos potencialmente perigosos das zonas urbanas e a opção preferencial por sistemas separativos evidencia o sucesso das soluções tradicionais dos sistemas de drenagem de águas residuais. Atualmente, verificam-se novos desafios, designadamente:

- Ocorrência de aflúências indevidas;
- Cheias e inundações;
- Resposta insuficiente das infraestruturas;
- Eficiência das componentes dos sistemas.

Os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas do tipo separativo deparam-se com um problema que se designa por aflúências indevidas.

A existência de volumes de águas parasitas, interpretados como volumes adicionais e supervenientes aos efluentes domésticos e industriais, que são recolhidos pelas redes de drenagem do tipo separativo, refere-se como um fator negativo na exploração das mesmas, potenciando consequências do ponto de vista hidráulico, sanitário, ambiental, social e económico.

Nos sistemas de drenagem de águas residuais unitários, embora as aflúências se identifiquem como um transtorno, evidencia-se a necessidade da sua aceitabilidade, pela natureza deste tipo de sistemas (Tentúgal-Valente, 2013).

As inundações, com constrangimentos de maior ou menor grau, e a poluição dos meios recetores associada a riscos para a saúde pública, fauna, flora e respetivos impactes ambientais, sociais e económicos, referem-se como consequências do aumento da população urbana (Matos, 2000).

O crescimento urbano ocorre preferencialmente na periferia dos núcleos antigos, dotados de sistemas unitários que não apresentam capacidade de resposta para as solicitações resultantes da nova ocupação, provocando o aumento do risco de insuficiência das redes, de inundações e de descargas diretas de efluentes não tratados em meios recetores.

A migração das zonas rurais para as zonas urbanas, com tendência de crescimento, é abordada como uma agravante da situação referida (WMO, 1997).

2.5. ETAR com emissários submarinos

As ETAR podem apresentar diversas dimensões e complexidade, de acordo com o afluente a tratar e com a exigência do efluente final. Indicam-se alguns dos desafios relacionados com estas infraestruturas:

- Variabilidade de caudais afluentes;
- Desenvolvimento de tratamentos face a novas solicitações;
- Exigências com as características do efluente final.

Os emissários submarinos identificam-se como estruturas marítimas que possibilitam a descarga, no meio recetor, de efluentes previamente tratados nas ETAR. Identificam-se os desafios considerados nesta abordagem:

- Risco associado à proteção estrutural;
- Risco associado às descargas no meio recetor;
- Otimização da exploração do conjunto ETAR-Emissário.

A descarga de efluentes residuais previamente tratados no oceano identifica-se como uma prática corrente em diversas cidades costeiras, constituindo uma solução competitiva que, quando corretamente projetada, apresenta resultados relevantes do ponto de vista económico e ambiental. A descarga de efluentes efetuou-se, no passado, de forma não controlada e, em diversas circunstâncias, sem recurso a qualquer tipo de tratamento, em zonas costeiras e cursos de água.

Os aglomerados urbanos, de dimensão mais reduzida, percecionavam uma capacidade de “autolimpeza” do meio recetor, atualmente designada por capacidade autodepurativa do meio hídrico. A urbanização e o crescimento populacional das cidades determinaram um aumento significativo do volume de descargas de águas residuais, ultrapassando-se a capacidade natural de autodepuração dos meios recetores (Chaves, 2014).

A descarga de águas residuais no meio marinho implica a sua assimilação pelo meio ambiente (Naderi *et al.*, 2013). Realça-se que, no planeamento de um sistema de tratamento de águas residuais com descarga oceânica, existe a necessidade de um condicionamento ou tratamento prévio das águas residuais, do estabelecimento de um programa de minimização de efeitos, de monitorização permanente na ETAR e de programas de emergência e inspeção submarina (Mandaji, 2008).

O desenvolvimento do conhecimento sobre sistemas costeiros fornece a explicação de diferentes processos, permitindo ações de prevenção e gestão. A sustentabilidade das áreas costeiras apoia-se no conhecimento fornecido ao processo de decisão (Santos *et al.*, 2010).

2.6. Gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas

O “património em infraestruturas” refere-se como um conjunto de ativos que se podem substituir na sua globalidade, renovando-se de forma fracionada, intervindo em componentes individuais e conservando a função do sistema como um todo (Burns *et al.*, 1999).

O conceito de “gestão patrimonial” não se encontra totalmente estabilizado, salientando-se que existem definições que têm evoluído ao longo do tempo.

A gestão patrimonial de infraestruturas pode definir-se como arte de equilibrar o desempenho, o custo e o risco, apoiando-se em competências de gestão, engenharia e informação, devendo planear-se ao nível tático, estratégico e operacional (Alegre, 2008).

O estabelecimento de prioridades e a seleção das necessidades de intervenção, de acordo com a perspetiva da gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, necessita do conhecimento dos ativos (localização, estado de conservação).

O diagnóstico da situação existente possibilita que se efetue uma avaliação da vida residual e do valor económico das infraestruturas. Os níveis de serviço a assegurar devem alinhar-se com o contexto e com as linhas orientadoras do plano estratégico (Alegre, 2008).

A adoção de uma estratégia adequada para cada componente ou conjunto de componentes, no decorrer do ciclo de vida das infraestruturas, revela-se preponderante na priorização de necessidades de manutenção e de reabilitação. Salienta-se o interesse, em diversas circunstâncias, da opção por uma combinação de alternativas em diferentes fases do ciclo de vida (USEPA, 2005).

Relativamente à avaliação de custos, a gestão patrimonial de infraestruturas apresenta, como objetivo principal, a racionalização de investimentos e a otimização da eficiência financeira das organizações, sendo determinante a forma como os custos se avaliam e se alocam, para dar resposta aos desafios (Alegre, 2008).

2.7. Gestão do Risco

O conceito de risco não apresenta uma definição rigorosa, simples e unânime (Almeida, 2011). A relação entre risco e incerteza gera divergências consideráveis, com autores a defenderem o risco como a incerteza quantificável, e outros como uma forma de lidar com a incerteza (Meacham, 2001 e 2004). Tendo em conta a complexidade dos diversos tipos de riscos, refere-se a pertinência de direcionar os riscos que se pretendem abordar (Santos, 2011). A gestão da água depara-se com riscos associados à segurança de pessoas e bens, a questões ambientais e a opções estratégicas (Almeida, 2011).

Relativamente ao risco, os acontecimentos podem caracterizar-se em relação à incerteza (probabilidade de ocorrência do evento) e aos potenciais danos que podem causar no sistema (intensidade do evento). A definição técnica geral do risco, que tem como ponto de partida a hipotética ocorrência, no futuro e em determinado sistema, de um acontecimento com consequências negativas ou positivas, pode traduzir-se pela seguinte expressão (Almeida, 2011):

$$\text{Risco} = \text{Probabilidade} \cdot \text{Consequências} \quad [1]$$

A gestão do risco integra as atividades relacionadas com a operacionalização do conceito de risco, que podem representar um ponto crucial da gestão estratégica e organizacional de uma instituição (Almeida, 2011). A estrutura de gestão do risco permite que se estabeleçam pontes entre a gestão do risco e as outras componentes de gestão, enquadrando-se nas estratégias e organigrama das organizações (Sousa, 2012).

Esta estrutura deve assegurar: um processo contínuo de melhoria; a responsabilização pelos riscos; a aplicação da gestão do risco nas diferentes decisões; a comunicação contínua; a total integração na estrutura governativa (ISO 31000:2009).

Em situações perigosas e incertas, o risco assume um sentido prático e operacional, salientando-se a pertinência de controlar a variável “risco” de forma eficaz, impedindo ou mitigando eventuais consequências negativas. De forma progressiva estabeleceu-se uma estrutura denominada por “gestão do risco”, versátil e adaptável a diversas situações.

O processo de operacionalização da gestão do risco proposto pelo ISO 31000:2009 (E), referido como exemplo pela sua abrangência, integra as seguintes componentes principais (Almeida, 2011):

- Definição do contexto;
- Avaliação do risco;
- Decisão e tratamento do risco;
- Comunicação e consulta;
- Monitorização e revisão.

Do ponto de vista da análise de risco e fiabilidade, a avaliação de riscos, considerada na análise da decisão, suporta a tomada de decisão, que se encontra exposta à incerteza e à disponibilidade incompleta de informação.

Por intermédio desta avaliação, pode considerar-se, de forma sólida, o efeito da incerteza nos riscos, visando os seguintes desafios (Faber, 2009):

- Estimativa do risco de uma atividade;
- Abrangência da diminuição/mitigação dos riscos;
- Custos da diminuição/mitigação dos riscos;
- Equilíbrio entre riscos aceitáveis e disponibilidade económica.

2.8. Gestão técnica

A gestão técnica de infraestruturas hidráulicas apresenta-se como elemento agregador de diferentes desafios relacionados com a gestão operacional dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, designadamente a gestão da mudança em entidades gestoras, o controlo operacional e o contexto atual da crescente urbanização de zonas com infraestruturas construídas.

No que se refere à gestão da mudança, realça-se a pertinência dos seguintes conceitos: sustentabilidade (macro e micro); tarifas; transferências; princípio de solidariedade (perequação, regionalização, empresarialização, desmunicipalização); eficiência; regulação; reestruturação (contexto, autoridade, liderança); reorganização (coordenação, trabalho em equipa); medidas específicas; implementação de tecnologia. O combate às perdas de água poderá funcionar como elemento propulsor e financiador do processo de gestão da mudança (Poças-Martins, 2015).

Poças-Martins (2008) realça que a gestão da mudança em entidades gestoras se encontra associado a diversos pré-requisitos, designadamente: apoio político; liderança forte; objetivos ambiciosos e atingíveis; tempo.

O processo de mudança revela-se contínuo, salientando-se a importância de definir diversos estágios, relacionados com o nível de perdas e com outros indicadores expeditos. Indicam-se os referidos estágios (Poças-Martins, 2008):

- Pré-eficácia (nível de atendimento deficitário; interrupções de serviço frequentes; falhas/falta de controlo de qualidade da água; reclamações de clientes consideradas indevidamente);
- Eficácia (cumprimento dos objetivos principais com dispêndio excessivo de recursos, através do aumento de tarifas, subsídios e transferências);
- Eficiência (cumprimento dos objetivos com economia, na procura da redução de perdas, eficiência energética e gestão de recursos humanos);
- Excelência (cumprimentos dos objetivos com aposta na reabilitação, inovação, satisfação de clientes, responsabilidade social, bem-estar dos colaboradores e sustentabilidade das operações).

As entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água necessitam de um programa de controlo operacional para a garantia da prestação de um serviço de qualidade, de forma contínua, enquadrado do ponto de vista legal e que permita a redução do volume de reclamações. O controlo operacional refere-se como uma primeira aproximação dos Planos de Segurança da Água (Rodrigo *et al.*, 2007).

Em sistemas de drenagem de águas residuais, o controlo operacional apresenta diferentes potencialidades, nomeadamente: prestação de um serviço de qualidade; exploração otimizada e sustentável dos sistemas; salvaguarda de pessoas, bens e meio ambiente (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Em Cardoso-Gonçalves (2016), enquadram-se, na temática da gestão técnica e, mais especificamente, do controlo operacional, as seguintes componentes:

- Controlo de origens de água;
- Controlo de perdas de água;
- Monitorização da qualidade da água;
- Operação de estações de tratamento de água (ETA);
- Operação de reservatórios de distribuição;
- Operação de estações de tratamento de águas residuais (ETAR);
- Operação de estações elevatórias (EE);
- Controlo de aflúencias pluviais indevidas a sistemas de drenagem de águas residuais domésticas;
- Medição de caudais em sistemas de drenagem de águas residuais.

A gestão das águas pluviais, no atual contexto de urbanização crescente em locais servidos com redes de drenagem de águas pluviais contruídas e dimensionadas para uma ocupação do solo diferente, surge como um desafio ao desenvolvimento de soluções que permitam adaptar os sistemas existentes para responder às necessidades que se verificam. A modelação dos sistemas de drenagem de águas residuais e as ferramentas dos sistemas de informação geográfica (SIG) podem constituir importantes contributos na resposta a estas questões (Cardoso-Gonçalves, 2016).

2.9. Aplicação

A gestão operacional das infraestruturas hidráulicas, baseada numa análise multicritério, procura responder aos desafios de sustentabilidade das entidades gestoras no desenvolvimento das atividades de exploração. Nesta abordagem, integrada no desenvolvimento do projeto de tese de investigação, pretende-se aplicar os conceitos de gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, de gestão do risco e de gestão técnica de infraestruturas hidráulicas a diferentes casos de estudo, designadamente (Cardoso-Gonçalves, 2016):

- Abastecimento de Água;
- Drenagem de Águas Residuais;
- Drenagem de Águas Pluviais;
- ETAR com Emissário Submarino.

Partindo de dados de exploração dos sistemas (cadastro, monitorizações, históricos de operação e manutenção), procura-se diminuir os custos de exploração e fomentar a qualidade dos serviços prestados, visando uma exploração otimizada dos sistemas. As metodologias a desenvolver basear-se-ão nos conceitos de gestão introduzidos e nos dados reais dos casos de estudo. Pretende-se trabalhar a aplicação destas metodologias em diferentes componentes de exploração, nomeadamente: consumos energéticos; níveis de conforto dos sistemas; investimentos de reabilitação e substituição; resposta em períodos de ponta; outras (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Atualmente, a evolução de meios tecnológicos possibilita um acesso a dados reais em grande volume e de forma rápida. A sua utilização poderá constituir um novo passo, promovendo uma aproximação das abordagens mais teóricas da realidade dos sistemas. A discussão dos dados-base de projeto (sistemas novos, reabilitação e modificação) e a definição dos períodos de vida e de retorno atribuídos a diferentes componentes dos sistemas referem-se como possíveis questões a analisar (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Sistematizados os conceitos mais relevantes do estado da arte, segue-se a introdução de casos de estudo, que possibilita a reflexão sobre os diversos conceitos de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas a aplicar.

Realça-se a importância de os casos de estudo se verificarem abrangentes, permitindo que potenciem as diferentes vertentes da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas. A aplicação de conceitos a casos práticos valida as metodologias a propor e promove a obtenção de resultados que podem apoiar as atividades de gestão e consolidar o processo de decisão. Indicam-se, genericamente, os casos de estudo que se pretendem estudar (Cardoso-Gonçalves, 2016):

- Sistema de Abastecimento de Água;
- Sistema de Drenagem de Águas Residuais;
- Sistema de Drenagem de Águas Pluviais;
- ETAR com Emissário Submarino.

O estudo de um modelo comum de gestão, enquadrável em cenários distintos, refere-se como uma possibilidade de análise. A aplicação de um modelo de gestão a propor poderá possibilitar a caracterização dos critérios de projeto e de exploração de estruturas hidráulicas, potenciando a discussão da pertinência das opções tomadas nas diferentes fases do ciclo de vida das infraestruturas. As infraestruturas de abastecimento de água, de drenagem e tratamento de águas residuais e de drenagem de águas pluviais podem estudar-se do ponto de vista da operacionalidade, do risco e da decisão (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Pretende-se fornecer informações, ferramentas e metodologias à gestão operacional, contribuindo para a otimização dos processos e para o reforço dos processos de decisão, visando a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais. O quadro 1 sistematiza a aplicação dos conceitos de gestão a diferentes casos de estudo, no desenvolvimento e validação de metodologias, nomeadamente em relação ao seguinte (Cardoso-Gonçalves, 2016):

- Estabelecimento do contexto;
- Eficiência;
- Apoio à decisão;
- Utilização de dados reais;
- Aplicação.

Quadro 1. Aplicação dos conceitos de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas a casos de estudo.

CASOS DE ESTUDO	ABASTECIMENTO DE ÁGUA	DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	ETAR COM EMISSÁRIO SUBMARINO
CONTEXTO		Localização; Investimentos; Instalações; Equipamentos		
EFICIÊNCIA	Perdas; Qualidade da Água	Afluências Indevidas; Obstruções	Inundações e Cheias; Poluição	Interrupções; Poluição
APOIO À DECISÃO		Custos de operação e de manutenção		
DADOS REAIS		Gestão operacional informada pelo risco		
APLICAÇÃO	Rede de Distribuição; Reservatórios	Coletores; Intercetores; Emissários; Estações Elevatórias	Coletores; Efeito da urbanização na drenagem	ETAR; Emissário Submarino
		Monitorização; Manutenção; Reabilitação; Reforço		

3. Considerações Finais

3.1. Conclusões

A sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais influencia a qualidade de vida das pessoas e a salvaguarda dos seus bens, assim como a preservação do ambiente e a sustentabilidade económica do setor da água.

Neste artigo abordam-se alguns desafios relacionados com a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, no que se refere às suas infraestruturas e às estratégias de gestão das mesmas, nomeadamente o ciclo urbano da água, os sistemas de abastecimento de água, os sistemas de drenagem de águas residuais, os emissários submarinos, as ETAR, a gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, a gestão do risco e a gestão técnica de infraestruturas hidráulicas.

No que se refere ao estado da arte, sintetiza-se um contexto/enquadramento teórico, preparando as bases para trabalhos futuros, designadamente no âmbito da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, aplicada a casos de estudo específicos.

Com a abordagem do ciclo urbano da água, tendo em conta a preservação e a gestão integrada dos recursos hídricos, pretende-se enquadrar a temática da gestão dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.

O uso da água deverá satisfazer as necessidades da sociedade, garantindo a sustentabilidade ambiental e económica.

Os principais desafios abordados em relação aos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, aos emissários submarinos e às ETAR representam as linhas orientadoras da metodologia de gestão operacional a desenvolver, que integrará conceitos de gestão referidos, que se indicam, seguidamente, de forma sintética:

- Gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas – estado; desempenho; custos; risco; manutenção; reabilitação;
- Gestão do risco em infraestruturas hidráulicas – metodologias de cálculo simplificadas, com base em dados reais; introdução do conceito de gestão operacional informada pelo risco;
- Gestão técnica de infraestruturas hidráulicas – conceitos operacionais e organizacionais.

Nesta investigação pretende-se estudar a gestão do risco segundo a perspetiva de um contributo científico neutro, salientando-se que a decisão final resultará de uma apreciação política ou estratégica, tendo em conta condicionantes éticas e legais.

A abordagem que se pretende efetuar em trabalhos futuros centra-se na gestão informada pelo risco, em detrimento da gestão baseada no risco.

A integração de avanços científicos e tecnológicos, da experiência adquirida e a articulação entre os anteriores, poderá representar um passo da engenharia no sentido da otimização do dimensionamento e exploração das infraestruturas hidráulicas.

A gestão integrada dos sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais domésticas e de drenagem de águas residuais pluviais, considerando questões relacionadas com a otimização dos procedimentos de tratamento das ETAR face às condições de descarga dos meios recetores (emissários submarinos), depara-se com os seguintes desígnios:

- Integração de procedimentos otimizados, sustentáveis e transversais a diferentes sistemas;
- Abordagem global dos sistemas, visando o incremento da eficácia operacional;
- Gestão resiliente, considerando o proveito económico, a qualidade do serviço e a preservação ambiente.

A introdução de casos de estudo, abordada genericamente em “2.9. Aplicação”, e o desenvolvimento de uma metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas serão parte integrante do desenvolvimento da investigação cujas linhas orientadoras são definidas em Cardoso-Gonçalves (2016). A metodologia a desenvolver no âmbito da referida investigação pretende integrar os conceitos referidos anteriormente, designadamente em relação às seguintes questões:

- Otimização da exploração de infraestruturas hidráulicas;
- Gestão operacional de infraestruturas hidráulicas informada pelo risco;
- Redução de custos operacionais;
- Exploração/operação sustentáveis;
- Aumento dos níveis de desempenho;
- Monitorização;
- Manutenção;
- Reabilitação;
- Reforço.

3.2. Investigação futura

No que se refere a orientações para a investigação futura, sugerem-se aspetos que podem aprofundar-se e novos caminhos que podem explorar-se neste âmbito, de acordo com as linhas orientadoras definidas em Cardoso-Gonçalves (2016).

A gestão integrada dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, estudando a fusão dos sistemas em alta e em baixa e perspetivando questões relacionadas com a preservação dos recursos hídricos e do ambiente, poderá configurar uma abordagem futura.

A avaliação do efeito da urbanização na drenagem urbana, apresentando diferentes soluções de drenagem superficial e de controlo na origem, propostas com base na simulação e estimativa do risco associado a diferentes eventos, identifica-se como um possível ramo de uma futura investigação.

A aplicação, a casos de estudo, dos conceitos abordados na presente investigação, assim como nas diversas investigações a levar a cabo no futuro, salienta-se como uma fase preponderante para a proposta, para o desenvolvimento e para a validação de metodologias de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas.

Referências

- Almeida, A. B. (2011). *Gestão da Água: Incertezas e Riscos. Conceptualização Operacional*. Esfera do Caos, Lisboa.
- Alegre, H. (2008). *Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Burns, P., Hope, D. e Roorda, J. (1999). *Managing infrastructure for the next generation*. Automation in Construction.
- Cardoso-Gonçalves, J. (2014). *Tipificação e Caracterização de Consumos em Reservatórios de Distribuição. Influência na Exploração e Capacidade*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cardoso-Gonçalves, J. (2016). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas*. Projeto de Tese de Investigação, Programa Doutoral em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Chaves, F. (2014). *Dimensionamento Hidráulico-Estrutural de Emissários Submarinos. Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Correia, F. (2003). *Introdução ao planeamento e gestão da água*. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Faber, M. (2009). *Risk and Safety in Engineering. Introduction and overview*. Textos pedagógicos, Technical University of Denmark.
- Hipólito, J. e Vaz, A. (2011). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia, IST Press.
- ISO 31000:2009 (2009). *Risk management: Guidelines on principles and implementation of risk management*. International Organization for Standardization (ISO).
- Loureiro, D. (2012). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água*. Dissertação de Doutoramento, LNEC.
- Mandaji, D. (2008). *Emissário Submarino de Santos: Contribuição nos Sedimentos de Fundo para Al, Mg, K, Ca, Fe, Ti, Na, Si, Ba, Cu, Zn, Cr, Mn, Co, Ni e S*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- Marques, J., e Sousa, J. (2009). *Hidráulica Urbana*. Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Matos, M. (2000). *Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano. Visão Estratégica e Soluções para o Futuro*. LNEC, Lisboa.
- Meacham, B. (2001). *Understanding risk. Building Tomorrow's Future - International and National Partners*, 9-11 April, ABCB, Canberra, ACT, Australia.
- Meacham, B. (2004). *Understanding risk: Quantification, perceptions, and characterization*. Journal of Fire Protection Engineering, 14:199-227.
- Naderi, M., Kermani, M. e Barani, G. (2013). *Form of Waste Water Discharge in Khamir Port Solar Distillation for Environmental Management by the Empirical Equations*. Advances in Applied Science Research, 2013, 4(4):76-80.
- OCDE (1999) *Household water pricing in OCDE countries*, OCDE, Paris. Ocean Engineering, 91: 467-475.
- Poças-Martins, J. (2008). *Gestão da mudança em empresas de água*. 3^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Poças-Martins, J. (2015). *Sustentabilidade, mudança e perdas. Resumo*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Abastecimento de Água, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Rodrigo, C., Lopes, J., Saúde, M., Mendes, R. e Casimiro, R. (2007). *Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água*. IRAR, Série Guias Técnicos, N.º10.
- Santos, C., Catarino, J., Barreiros, A., Trancoso, M.A., Marques, E., Garcia, C., Neves, R., Carvalho, V. e Lopes, C. (2010). *13 Anos de Monitorização da Descarga do Emissário Submarino da Guia - Integração na DQA*. 10.º Congresso da Água - Marcas d'Água., 21 a 24 de Março de 2010, Algarve.
- Santos, M. (2011). *Urbanização e Riscos Ambientais, na Cidade de Salvados - Bahia*. Revista Territorium, n.º18, 2011.
- Sousa, V. (2012). *Gestão do Risco na Construção. Aplicação a Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Tentúgal-Valente, J. (2007). *Disciplina de Hidráulica Urbana e Ambiental. Apontamentos*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Hidráulica Urbana e Ambiental, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Tentúgal-Valente, J. (2013). *Sistemas de Drenagem e Redes Urbanas*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- USEPA (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.
- WMO (1997). *Health and environment in sustainable development - five years after the Earth Summit*. Genebra, Suíça.