



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

## GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

### Sistema de Abastecimento de Água de Arouca

Jorge, CARDOSO-GONÇALVES<sup>1</sup>; José, TENTÚGAL-VALENTE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Civil, Estudante Doutoramento (FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto),  
up200902986@fe.up.pt, +351918425218

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil, Professor Associado (FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto), tvalente@fe.up.pt

### Resumo

A gestão do recurso água deverá ser resiliente na resposta aos desafios que se colocam aos serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas, assegurando a resposta às necessidades da sociedade, através de soluções economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis. No contexto atual, surgem diversas questões relacionadas com a gestão deste recurso, designadamente a preservação das origens, a disponibilidade em cenários de escassez, a segurança no abastecimento, a salvaguarda dos meios recetores, a resposta a fenómenos extremos e a adaptação dos sistemas a novos contextos. Na gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, a procura de padrões de eficiência cada vez mais elevados deverá traduzir-se na otimização de procedimentos operacionais, suportada por um compromisso de melhoria contínua, transversal a toda a organização.

Esta investigação apresenta como objetivo o desenvolvimento e a aplicação de metodologias de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, visando o apoio à tomada de decisão. O estado da arte versa sobre diferentes temáticas, relacionadas com a gestão dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (ciclo urbano da água; gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas; gestão do risco; gestão técnica de infraestruturas hidráulicas), no sentido de preparar o desenvolvimento de metodologias e a abordagem ao caso de estudo (Sistema de Abastecimento de Água de Arouca – SAA-Arouca).

A metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas que se desenvolve na presente investigação integra as diferentes componentes de gestão abordadas no estado da arte. Propõe-se uma estrutura de apoio à gestão com as seguintes componentes principais: Desafios; Organização; Exploração; Intervenção.

Considerando os diversos contributos científicos e os dados disponíveis, pretende-se estudar, de forma sistemática, a gestão operacional, visando a obtenção de resultados práticos que possam apoiar a exploração das infraestruturas. Utiliza-se o caso de estudo do SAA-Arouca para ensaiar a aplicação da metodologia proposta.

**Palavras-chave:** gestão operacional, abastecimento de água, infraestruturas hidráulicas, gestão patrimonial de infraestruturas, gestão do risco, gestão técnica.

**Tema:** Serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas

## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer da História, a engenharia reuniu os conhecimentos e desenvolveu as metodologias necessárias para dar resposta aos problemas que a sociedade encontrou, onde se enquadram as infraestruturas básicas relacionadas com a utilização dos meios hídricos. Atualmente deparamo-nos com novos desígnios, relacionados com a gestão patrimonial das infraestruturas existentes e com necessidade de padrões de eficiência cada vez mais elevados (Cardoso-Gonçalves, 2016).

Na gestão da água, a tomada de decisão verifica-se em cenários de incerteza e risco. A água encontra-se associada a eventos com acentuada variabilidade, a nível espacial e temporal, em cenário de incerteza de previsão de cenários futuros (Almeida, 2011). Nos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, o controlo em tempo real e a análise da resposta das redes a diferentes solicitações configuram ferramentas que permitem otimizar a gestão operacional (Cardoso-Gonçalves, 2016).

O conhecimento automático de consumos associados a diferentes setores da rede, possibilitado pelo avanço tecnológico, permite a utilização de dados reais na exploração de infraestruturas dos sistemas de abastecimento de água, podendo representar um passo crucial na obtenção de sistemas mais eficientes (Cardoso-Gonçalves, 2014).

Atualmente, as zonas urbanas encontram-se consolidadas e, total ou parcialmente, infraestruturadas. Identifica-se o desafio para a gestão das infraestruturas hidráulicas neste contexto: a renovação e a adequação dos sistemas (Brandão e Piqueiro, 2011).

A presente investigação tem como objetivo central a apresentação de uma metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento no âmbito de uma tese de doutoramento cujo projeto de investigação se apresenta em Cardoso-Gonçalves (2016). Sistematizam-se os objetivos específicos deste artigo: enquadrar a temática da gestão dos sistemas de abastecimento de água; sintetizar o estado da arte; apresentar a metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento; caracterizar o caso de estudo; ensaiar a aplicação da metodologia apresentada; discutir os conceitos introduzidos e os potenciais desenvolvimentos futuros.

No sentido de dar cumprimento aos objetivos estabelecidos, segue-se a seguinte metodologia: sistematização do estado da arte (ciclo urbano da água, abastecimento de água, gestão patrimonial, gestão do risco, gestão técnica); apresentação da metodologia de Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas; caracterização do caso de estudo (SAA-Arouca); processamento e tratamento de dados fornecidos pela EG; análise de dados; apresentação de resultados preliminares; discussão de resultados.

O artigo organiza-se nos seguintes pontos: introdução, estado da arte, gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, caso de estudo, discussão.

## 2. ESTADO DA ARTE

O ciclo urbano da água (captação, distribuição, recolha, transporte e devolução) representa uma parte do ciclo hidrológico, na qual a intervenção antrópica tem mais significado. O uso adequado da água com a finalidade de consumo humano encontra-se relacionado com procedimentos ao nível da captação e da distribuição de água em condições de potabilidade, assim como nas operações de recolha, de transporte e de devolução das águas residuais aos meios recetores (Tentúgal-Valente, 2007).

A gestão patrimonial de infraestruturas refere-se como o engenho de equilibrar o desempenho, o custo e o risco, sustentado em competências de gestão, engenharia e informação, planeado ao nível tático, estratégico e operacional (Alegre, 2008). Incide na estruturação de práticas de gestão tradicionais e na sua integração nos princípios de gestão por objetivos e de melhoria contínua (Alegre et al., 2012).

O desempenho, o custo e o risco relacionam-se com a avaliação do estado das infraestruturas hidráulicas. Salienta-se a possibilidade de adoção de metodologias simplificadas, realçando-se a proposta em USEPA (2005), que define classes de estado de conservação, que se podem relacionar de forma expedita com a esperança de vida útil residual dos ativos. A figura1 sistematiza do processo definição do estado de conservação de ativos e de cálculo do Índice de Valor da Infraestrutura e dos custos de reabilitação, de acordo com Alegre, (2008).

Tipo de Componente	Estado de conservação	0	1	2	3	4	5
	Descrição	Ativo novo	Ativo em perfeito ou excelente estado de conservação	Ativo que apresenta pequenas anomalias	Ativo que apresenta anomalias que requerem manutenção curativa significativa	Ativo que requer renovação significativa	Ativo quase inutilizável
	Intervenção necessária	Manutenção normal	Manutenção normal	Reparações pontuais	Reparação significativa	Renovação	Substituição
	Taxa de reabilitação	0%	0%	5%	10% a 20%	20% a 40%	> 50%
	Vida útil média total	Vida útil residual					
Construção civil	75	75	75	60	45	30	15
Condutas em pressão	60	60	60	48	36	24	12
Coletores	100	100	100	80	60	40	20
Bombas	40	40	40	32	24	16	8
Motores	35	35	35	28	21	14	7
Equipamento elétrico	30	30	30	24	18	12	6
Controlos	25	25	25	20	15	10	5
Edifícios	60	60	60	48	36	24	12

Índice de Valor da Infraestrutura		
$IVI = \frac{\sum_{i=1}^N (CS_{i,t} \cdot vr_{i,t} / vu_i)}{\sum_{i=1}^N CS_{i,t}}$	Valor Atual da Infraestrutura	$va_{i,t} = CS_{i,t} \cdot \frac{vr_{i,t}}{vu_i}$
		<p><i>t</i> – momento em que se realiza a medição  <i>IVI (t)</i> – índice de valor da infraestrutura no momento <i>t</i>  <i>N</i> – número total de ativos  <i>CS<sub>i,t</sub></i> – custo de substituição do ativo <i>i</i> em <i>t</i>  <i>vr<sub>i,t</sub></i> – vida útil residual do ativo <i>i</i> em <i>t</i>  <i>vu<sub>i</sub></i> – vida útil total do ativo <i>i</i></p>
Custos de Reabilitação		
<p><i>custos de reabilitação</i> = (% vida útil técnica consumida)<sup>N</sup> · valor de substituição</p>		

Figura 1. Metodologia de Definição do Estado de Conservação de Ativos (Alegre, 2008)

De acordo com o método sistematizado na figura 1 pode determinar-se o valor atual dos ativos. O quociente entre o valor atual dos ativos e o valor de substituição correspondente representa um índice designado por “Índice de Valor da Infraestrutura” IVI. No que se refere aos valores assumidos pelo referido IVI, salienta-se que: valores na ordem dos 50% (40%-60%) indicam situações de infraestruturas estabilizadas, nas quais se investe em reabilitação, em média, o equivalente à depreciação; valores muito acima dos 50% indicam que as infraestruturas são jovens (não estabilizadas) ou que as infraestruturas atravessam uma fase de crescimento (ainda que antigas) ou que se tratam de infraestruturas nas quais se está a sobreinvestir em reabilitação; valores baixos indicam que a infraestrutura se encontra mais envelhecida do que seria expectável, necessitando de investimentos significativos de reabilitação.

Na mesma figura indica-se um método de cálculo dos custos de reabilitação (Alegre, 2008). O valor indicativo de N, para redes de abastecimento de água e redes de drenagem de águas residuais, é da ordem de 4 (USEPA, 2005).

O risco, em situações perigosas e incertas, apresenta um significado prático e operacional, referindo-se a necessidade de controlar a variável “risco” da forma mais eficaz possível, procurando evitar ou atenuar potenciais consequências negativas. O processo de operacionalização do risco inclui as componentes principais que se indicam: definição do contexto; avaliação do risco (identificação de perigos e riscos, análise do risco, apreciação do risco); decisão e tratamento do risco (aceitação ou não aceitação do risco associado a uma situação em análise; decisão de selecionar ou hierarquizar medidas de tratamento dos riscos – medidas de controlo e mitigação); comunicação e consulta; monitorização e revisão (monitorização das variáveis que podem afetar diretamente o valor do risco; monitorização da implementação das medidas resultantes do processo de decisão) (Almeida, 2011).

Não se apresenta, para o conceito de risco, uma definição rigorosa, simples e unânime. No que se refere a aplicações técnicas da análise quantitativa dos riscos, salienta-se como consolidada a definição geral do risco. Nesta definição, o risco (R) quantifica-se através do produto entre a probabilidade de ocorrência (P) e a consequência (C), de acordo com a equação (1) (Almeida, 2011).

$$R (\text{€}) = P(\%) \times C(\text{€}) \quad (1)$$

A definição de probabilidade de ocorrência de fenómenos executa-se, muitas vezes, com base na opinião de especialistas e em protocolos de correspondência, nomeadamente entre a expressão verbal e o valor numérico de probabilidade, podendo referir-se a seguinte correspondência: acontecimento virtualmente (quase) impossível – probabilidade de 0,01 (0,00 a 0,05); acontecimento muito pouco provável – probabilidade de 0,10 (0,02 a 0,15); acontecimento completamente incerto (duas situações possíveis) – probabilidade de 0,90 (0,75 a 0,90); acontecimento (virtualmente) quase certo – probabilidade de 0,99 (0,90 a 0,995) (Almeida, 2011).

Enquadrado na gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, a utilização de metodologias de cálculo do risco simplificadas (produto de probabilidades por consequências), mais flexíveis, e sustentadas em históricos de dados reais, refere-se como potencialmente mais vantajosa em detrimento de modelos mais sofisticados, com incertezas associadas às variáveis consideradas pelos próprios modelos (Cardoso-Gonçalves, 2016).

No decorrer do processo contínuo de evolução, uma entidade gestora de um sistema de abastecimento de água – EG, pode encontrar-se em diferentes estágios, relacionados com os níveis de perdas e com alguns indicadores qualitativos mais expeditos. Sistematizam-se os diferentes níveis que se consideram: Pré-eficácia (níveis de atendimento deficitário, interrupções frequentes no sistema de distribuição, qualidade da água com falhas ou com falta de controlo, reclamações dos clientes não consideradas devidamente); Eficácia (tarifas acima do que se deveria praticar, recurso a subsídios ou a transferências); Eficiência (redução de perdas, eficiência energética, utilização de menos pessoal para desempenhar as atividades); Excelência (reabilitação, inovação, preocupação permanente com os clientes, responsabilidade social, garantia do bem-estar dos funcionários, certificação e sustentabilidade das operações). (Poças-Martins, 2008).

Em Cardoso-Gonçalves (2016), enquadram-se, na temática da gestão técnica 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 afluências pluviais indevidas a sistemas de drenagem de águas residuais domésticas; medição de caudais em sistemas de drenagem de águas residuais.

As perdas de água constituem o diferencial entre o volume de água que entra no sistema e o consumo autorizado pela entidade gestora (Loureiro, 2012). As perdas reais referem-se às perdas físicas de água até ao contador de cada cliente, em diferentes componentes dos sistemas (reservatórios, condutas adutoras, condutas de distribuição, ramais). As imprecisões de medição de água produzida e consumida e o consumo não autorizado indicam-se como perdas aparentes (Alegre et al., 2005). O controlo de perdas reais sustenta-se em quatro pilares fundamentais, designadamente: gestão de pressão na rede; qualidade e a rapidez das reparações de fugas e roturas; controlo ativo de perdas; necessidade de maiores investimentos (reabilitação e substituição das infraestruturas) (Cardoso et al., 2013).

### **3. GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS**

A gestão operacional das infraestruturas hidráulicas, segundo uma visão holística da exploração dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, pretende responder aos principais desafios das entidades gestoras no desenvolvimento e operação das infraestruturas hidráulicas. A abordagem poderá incidir na discussão de procedimentos operacionais e do processo de decisão (Cardoso-Gonçalves, 2016).

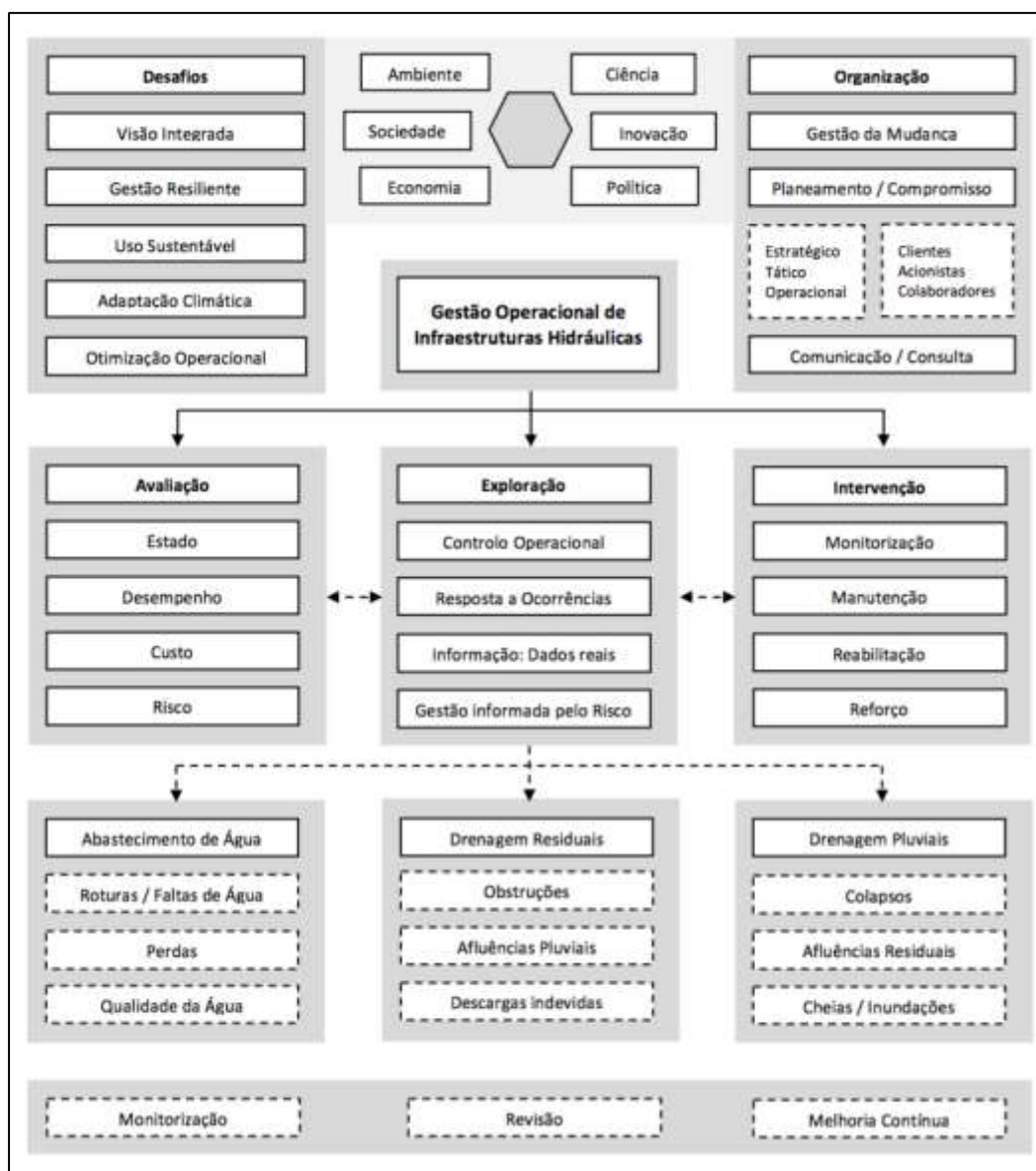
O desenvolvimento da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas enquadra-se na tese de doutoramento a que se refere o projeto de tese de investigação

Cardoso-Gonçalves (2016). Realçam-se as três principais áreas que contribuem para esta metodologia: gestão patrimonial; gestão do risco; gestão técnica.

Uma visão integrada da operação das infraestruturas hidráulicas e o estudo de um modelo comum de gestão, enquadrável em cenários distintos, elege-se como uma possibilidade de análise. O estudo das infraestruturas de abastecimento de água, de drenagem e tratamento de águas residuais e de drenagem de águas pluviais poderá incidir na operacionalidade, no risco e no processo de decisão (Cardoso-Gonçalves, 2016).

A metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento (figura 2) encontra-se alicerçada em três principais áreas operacionais: avaliação; exploração; intervenção. Do ponto de vista estratégico, a metodologia em desenvolvimento atende ao equilíbrio das diferentes dinâmicas associadas ao setor, aos principais desafios e às dinâmicas organizacionais. A estrutura proposta atende às principais ocorrências associadas ao abastecimento de água, à drenagem de águas residuais e à drenagem de águas pluviais.





**Figura 2.** Metodologia de Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

No que respeita à avaliação das infraestruturas hidráulicas, propõe-se um método expedito de avaliação (tabela 1), com informações a solicitar às EG acerca do estado, do desempenho e do risco. Opta-se por 5 níveis/classes, uniformizando as informações descritas no estado da arte. A avaliação vocaciona-se para o enquadramento da situação atual das infraestruturas, sustentando a definição de prioridades e o processo de decisão associado à gestão operacional de infraestruturas hidráulicas.

**Tabela 1.** Avaliação de Infraestruturas – Classes de Avaliação

<b>Classe</b>	<b>Estado</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Risco (Probabilidade)</b>
1	Muito bom	Excelência	Muito baixo
2	Bom	Eficiência	Baixo
3	Razoável	Eficácia	Médio
4	Mau	Pré-eficácia	Alto
5	Muito mau	Ineficácia	Muito alto

De acordo com as informações disponíveis nas EG, a avaliação supramencionada poderá ser mais suportada por dados reais ou pela consulta dos colaboradores que se encontram associados à gestão operacional da infraestrutura. Os dados associados ao valor das infraestruturas e aos custos de reabilitação podem determinar-se pela metodologia indicada no estado da arte. A resposta a ocorrências e o conceito de gestão informada pelo risco inclui-se na área de exploração das infraestruturas. No que se refere à intervenção considera-se a definição de prioridades de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço.

#### 4. CASO DE ESTUDO

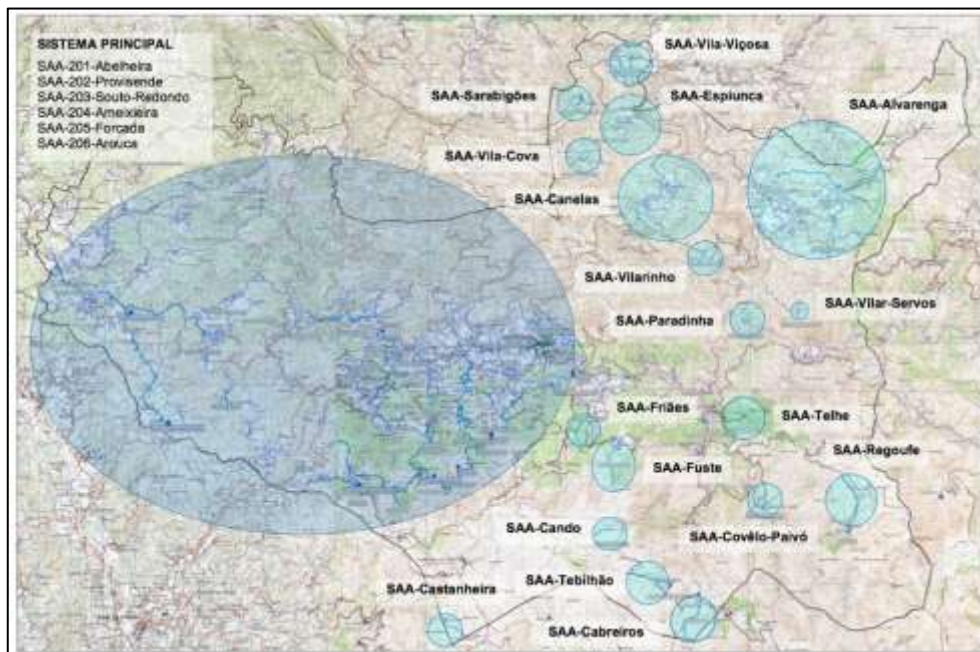
Em observância aos objetivos preestabelecidos, utilizou-se, como caso de estudo, o Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca), que integra o Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN). A Entidade Gestora (EG), Águas do Norte, S.A. (AdN), é responsável pela exploração e gestão deste sistema de abastecimento de água em baixa, no seguimento de uma parceria celebrada entre Administração Central (Estado) e a Administração Local (cinco Municípios, a saber Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Santo Tirso e Trofa).

O SAA-Arouca (figura 3) abastece uma população residente de 22 359 habitantes e apresenta uma extensão de rede de, aproximadamente, 369 600 metros (AQUASIS, 2015). O SAA-Arouca abastece uma zona rural, localizada no interior, com acentuadas variações em altitude. Relativamente à alimentação (origem), o SAA-Arouca pode dividir-se em:

- Sistema Principal (Sist-AdDP) – Sistema abastecido em alta (Águas do Douro e Paiva), com seis pontos de entrega (SAA-201-Abelheira; SAA-202-Provisende; SAA-203-Souto-Redondo; SAA-204-Ameixieira; SAA-205-Forcada; SAA-206-Arouca);



- Sistemas Autónomos de Captação por Furo (Sist-Aut\_Furo) e Sistemas Autónomos de captação por mina (SAA-Aut\_Mina).



**Figura 3.** Representação gráfica do número de roturas mensal no triénio 2015-2016

De acordo com a informação fornecida pela EG, o SAA-Arouca é composto por 44 reservatórios, 20 captações de água (12 furos; 8 minas), 13 estações elevatórias sobreprensoras (12 furos; 1 sobreprensora), 18 sistemas de tratamento autónomos e 195 válvulas redutoras de pressão (VRP).

A aplicação da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas em desenvolvimento, ao SAA-Arouca, no âmbito deste artigo, efetua-se nos seguintes domínios:

- Avaliação uma infraestrutura deste sistema de abastecimento de água, o Reservatório de Cimo da Inha, associado ao Subsistema SAA-201-Abelheira, do Sistema Principal (Sist-AdDP), de acordo com informações facultadas pela EG;
- Distribuição mensal de roturas no SAA-Arouca e estimativa do risco de rotura nos Subsistemas do Sistema Principal (Sist-AdDP) (figura 4).

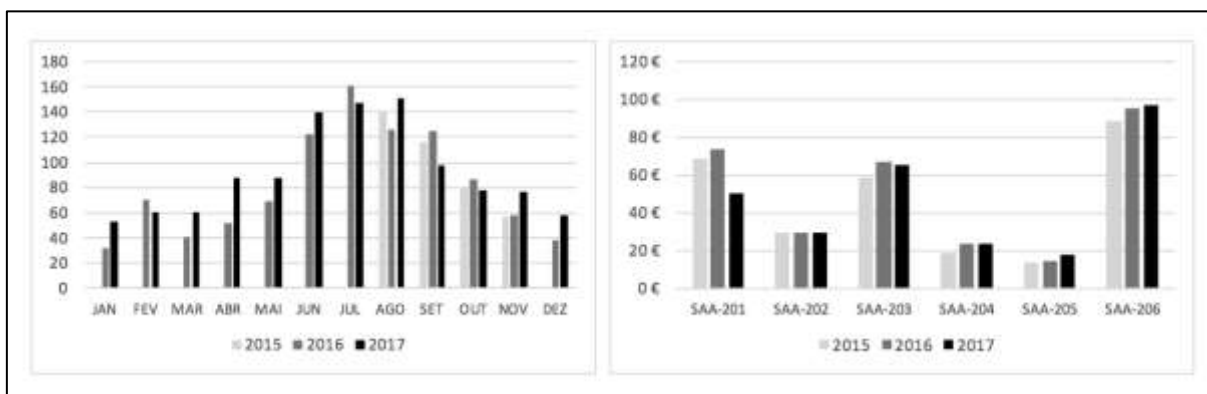
De acordo com o método de avaliação de infraestruturas proposto, baseado em 5 classes de estado, desempenho e risco, que se colocou em forma de inquérito obtiveram-se, da EG, os seguintes dados:

- Avaliação de estado – Construção Civil: 2; Equipamentos: 2;
- Avaliação de desempenho – Reserva: 1; Extravasamentos: 2; Estanquidade: 1;
- Avaliação de risco – Perda de Água: 3; Contaminação: 2; Afogamento: 2.

Com base na metodologia de avaliação do estado de infraestruturas, nos pressupostos introduzidos no estado da arte e nas informações prestadas pela EG, obtiveram-se os seguintes valores, que carecem de uma avaliação mais rigorosa, a efetuar no âmbito dos trabalhos em curso, para o Reservatório de Cimo da Inha (SAA-201-Abelheira – Sist-AdDP):

- Vida útil residual (Reservatório Cimo da Inha) – construção civil (classe 2): 60 anos;
- Vida útil residual (Reservatório Cimo da Inha) – equipamentos (classe 2): 24 anos;
- Custo de Substituição (Reservatório Cimo da Inha) – 203 500€;
- Valor atual (Reservatório Cimo da Inha) – 162 800€;
- Percentagem de vida útil consumida (Reservatório Cimo da Inha) – 80%;
- Custos de Reabilitação (Reservatório Cimo da Inha) – 89 510€.

As ocorrências do SAA-Arouca encontram-se em análise, com o objetivo de avaliar a sua distribuição temporal e espacial. Pretende-se, através de dados reais, otimizar o controlo operacional, preparar a resposta a ocorrências, introduzindo o conceito de gestão informada pelo risco. No âmbito deste artigo, com os dados de roturas do triénio 2015-2017, sistematizou-se o número mensal de roturas no SAA-Arouca e determinou-se o risco de rotura em cada um dos subsistemas do sistema principal (figura 4).



**Figura 4.** Representação gráfica do número de roturas mensal no SAA-Arouca e da distribuição do risco de rotura nos subsistemas do sistema principal triénio 2015-2016

Relativamente à distribuição mensal de roturas, evidencia-se uma incidência mais acentuada nos meses de junho, julho, agosto e setembro. A partir do registo facultado pela entidade gestora (número de roturas, custos de reparação de roturas e custos de pavimentação), determinou-se um custo médio de rotura de 337€. A partir deste valor, estimou-se o risco de rotura em cada subsistema, com base na equação (1). Realça-se que os subsistemas SAA-201-Abelheira, SAA-203-Souto-Redondo e SAA-206-Arouca apresentam maior risco de rotura. Identifica-se uma diminuição significativa do risco de rotura associado ao subsistema SAA-201-Abelheira em 2017.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As linhas orientadoras da metodologia de gestão operacional em desenvolvimento definem-se na estrutura representada na figura 2, que integra conceitos de gestão abordados no estado da arte, fundamentalmente: gestão patrimonial (estado, desempenho, custos, risco, manutenção, reabilitação); gestão do risco (metodologias de cálculo simplificadas, com base em dados reais, introdução do conceito de gestão operacional informada pelo risco); gestão técnica (conceitos operacionais e organizacionais).

Relativamente a orientações para a investigação futura, realçam-se aspetos que podem aprofundar-se e novos caminhos que se podem seguir, de acordo a estratégia definida em Cardoso-Gonçalves (2016), designadamente: avaliação de desempenho de outras infraestruturas (reservatórios, estações elevatórias, condutas, captações), gestão do risco com base em dados reais (risco de perda de água; risco de rotura; risco de falta de água; risco de qualidade da água; risco social); estabelecimento de estratégias de intervenção (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, M. C., Vieira P. (2005). *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR). Lisboa.

Alegre, H., Coelho, S.T. (2012). *Gestão patrimonial de infra-estruturas em sistemas urbanos de água*. Jornadas de Investigação e Inovação LNEC – Cidades e Desenvolvimento, LNEC, 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.

Almeida, A.B. (2011). *Gestão da Água: Incertezas e Riscos. Conceptualização Operacional*. Esfera do Caos, Lisboa.

Brandão, P.A. e Piqueiro, F. (2011). *Interceptor do Douro. Sistema Centenário de Saneamento da Cidade do Porto*. 6.<sup>as</sup> Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cardoso, A., Oliveira, F., Lacerda, F., Poças-Martins, J. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água: Otimização das Pressões numa Grande Rede de Distribuição de Água – Aplicação a um Subsistema da Cidade do Porto*. 8.<sup>as</sup> Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cardoso-Gonçalves, J.J.T. (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.J.T. (2016). “Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas.” Projeto de Tese de Investigação, Programa Doutoral em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Loureiro, D. (2012). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água*. Dissertação de Doutoramento, LNEC.

Poças-Martins, J. (2008). *Gestão da mudança em empresas de água*. 3.<sup>as</sup> Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Tentúgal-Valente, J.C. (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.

USEPA (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.