

## A QUALIDADE DA ÁGUA NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO NUM CONTEXTO DE GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS - GPI

Ana POÇAS <sup>(1)</sup>, Maria S. SILVA <sup>(2)</sup>, Laura MONTEIRO <sup>(3)</sup>, José MENAIA <sup>(4)</sup>,  
Sérgio T. COELHO <sup>(5)</sup>

### Resumo

Os sistemas urbanos de água são projetados para garantir o fornecimento ininterrupto de água com qualidade numa perspetiva de longo prazo. A gestão patrimonial das infraestruturas (GPI) visa a gestão estratégica e sustentável do património existente em infraestruturas. O objetivo deste trabalho foi abordar a gestão da qualidade da água nos sistemas de distribuição num contexto de GPI. Para tal, foram definidos objetivos, critérios e métricas para o nível estratégico e para o nível tático, para os principais processos e fatores que respondem pela manutenção da qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição. A metodologia evidenciou potencial para ser utilizada por entidades gestoras (EG) para controlo e gestão da qualidade da água nos sistemas de distribuição. Foram ilustradas interseções desta metodologia com a dos Planos de Segurança da Água, bem como com alguns critérios de conceção e dimensionamento das infraestruturas. A incorporação da qualidade da água em abordagens de GPI mais integradas, que incluam métricas que vão além do cumprimento dos requisitos legais, pode capacitar as EG a melhor responder aos problemas de qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição.

**Palavras-chave:** gestão patrimonial de infraestruturas, planos de segurança da água, qualidade e segurança da água.

---

<sup>1</sup> Bolseira de Investigação do Projeto iGPI/TRUST, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, apocas@lnec.pt

<sup>2</sup> Bolseira de Investigação do Projeto TRUST, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, mssilva@lnec.pt

<sup>3</sup> Bolseira FCT de Doutoramento, Instituto Superior Técnico (IST), Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, lmonteiro@lnec.pt

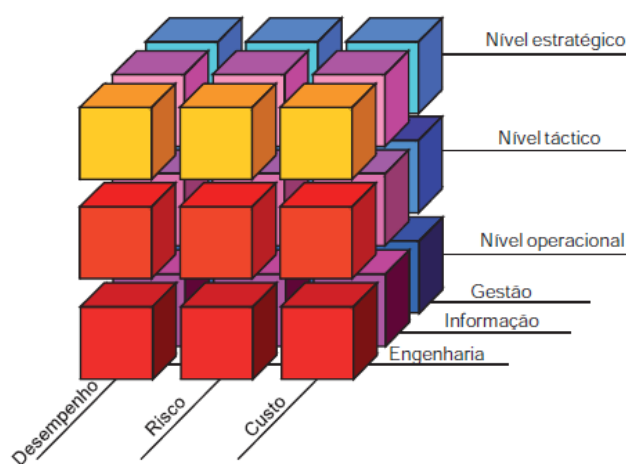
<sup>4</sup> Investigador Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, jmenaia@lnec.pt

<sup>5</sup> Investigador Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, stcoelho@lnec.pt

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas urbanos de água são infraestruturas essenciais à qualidade de vida das populações. São projetados para garantir fornecimento ininterrupto de água com qualidade aos consumidores, numa perspetiva de longo prazo. O seu período de vida, que se pretende que seja ilimitado, é-o enquanto for garantida, e de forma sustentável, a funcionalidade e operacionalidade dos sistemas, em conformidade com os requisitos legais, na medida da satisfação dos consumidores.

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) visa a gestão estratégica e sustentável do património existente em infraestruturas essenciais para a prestação do serviço. Em Portugal, a GPI nos serviços urbanos de água tem particular relevância, nomeadamente desde que assumiu carácter de obrigatoriedade para entidades servindo 30 mil ou mais habitantes, com a entrada em vigor do Decreto-Lei N.º194/2009, relativo ao regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos. O principal objetivo da GPI é assegurar o equilíbrio entre as dimensões de desempenho, risco e custo (Figura 1), numa perspetiva de sustentabilidade de longo prazo do serviço (Alegre e Covas 2010). Assim, e com base no alinhamento dos diferentes níveis de planeamento (estratégico, tático e operacional), procura-se assegurar a sustentabilidade do serviço e cumprimento dos requisitos dos serviços urbanos de água durante a sua vida útil técnica, e que corresponde ao período em que cumprem plenamente a sua função (Alegre e Covas 2010).



Fonte: Alegre, 2007

**Figura 1** – Gestão patrimonial de infraestruturas: uma visão integrada (Alegre e Covas, 2010).

Em regra, os objetivos da GPI focalizam-se no planeamento, economia, serviço e no fornecimento de água na quantidade, qualidade e pressão adequadas. Porém, e apesar da grande utilidade para a tomada de decisões de planeamento e sustentabilidade do serviço, os aspetos relacionados com a qualidade e segurança da água são normalmente restringidos ao cumprimento dos requisitos legais dos valores paramétricos. Isto justifica-se, não só pelo desconhecimento de alguns dos processos que estão na origem da deterioração da qualidade da água, mas também pela dificuldade no cruzamento de dados de quantidade e qualidade. Por outro lado, a eficiência da gestão da informação fica

frequentemente aquém dos resultados pretendidos, principalmente nas entidades gestoras (EG) em contextos municipais, cuja gestão é estruturada de acordo com modelos de convenção de administrações públicas (Silva, et al. 2012). Assim, e por oposição a análises “por componente” ou “por ativo” das infraestruturas de serviços urbanos de água, a análise deverá ser realizada “sistema a sistema” (Alegre e Covas 2010, Alegre, et al. 2013), contemplando aspetos relacionados com a qualidade e segurança da água e focalizada no consumidor e nos níveis de serviço.

A abordagem de GPI detém um grande potencial para que o projeto, construção, operação, manutenção e reabilitação sejam integrados com um bom desempenho dos sistemas, também no que respeita à preservação da qualidade e segurança da água, durante o seu percurso nos sistemas de adução e distribuição. Para tal, há que ter em consideração os processos e fatores de que depende a preservação da qualidade da água da estação de tratamento (ETA) até à torneira do consumidor. Os fatores determinantes, além da qualidade da água que sai da ETA, podem incluir: i) o tempo de residência, ii) a condição dos componentes da infraestrutura, iii) a manutenção e gestão da rede, iv) os regimes hidráulicos e v) o controlo das concentrações efetivas de desinfetante residual (Menaia e Mesquita 2013, Menaia e Poças 2013, USEPA 2002). Por outro lado, visto que se interligam os objetivos estratégicos e processos de tomada de decisão das EG, requerem uma intervenção coordenada aos diferentes níveis de planeamento, i.e., estratégico, tático e operacional, e em contexto multidisciplinar (Alegre e Covas 2010, Alegre, et al. 2013, Leitão., et al. 2013). Assim, e tal como em implementações de GPI mais focadas em aspetos infraestruturais, pode ser requerido conhecimento detalhado dos componentes (e.g., material das condutas, data de instalação), para além dos parâmetros que se relacionam com a qualidade e segurança da água fornecida, sem descurar aqueles que dizem respeito à satisfação e confiança do consumidor (WHO 2011).

Uma perspetiva alargada e integrada de GPI, i.e., que explicitamente abarque os aspetos que mais se relacionam com a qualidade da água, apresenta denominadores comuns às metodologias da conceção e implementação dos Planos de Segurança da Água (PSA), que necessitam vir a ser melhor explorados e desenvolvidos. Tal como previsto no PSA, deverá ser efetuada a análise e a gestão do risco de incumprimento no que se refere à qualidade e segurança da água. Quanto aos seus objetivos, o PSA deverá: avaliar se a globalidade do sistema de abastecimento é capaz de fornecer água de qualidade suficiente, definir as medidas de monitorização e de controlo, com especial relevância para as que podem comprometer a segurança da água e determinar as ações que devem ser tomadas para condições normais ou extremas (WHO 2008, Bartram, et al. 2009). Estes objetivos coadunam-se com abordagens de GPI mais integradas, cujos pressupostos assentam no equilíbrio entre as componentes de desempenho, risco e custo, numa perspetiva de longo prazo e do serviço prestado pelos sistemas como um todo. Por essas razões, e dada a pertinência destes dois instrumentos para a sustentabilidade dos sistemas urbanos de água, uma abordagem integrada, mas adaptada às necessidades e objetivos de cada EG, é conveniente.

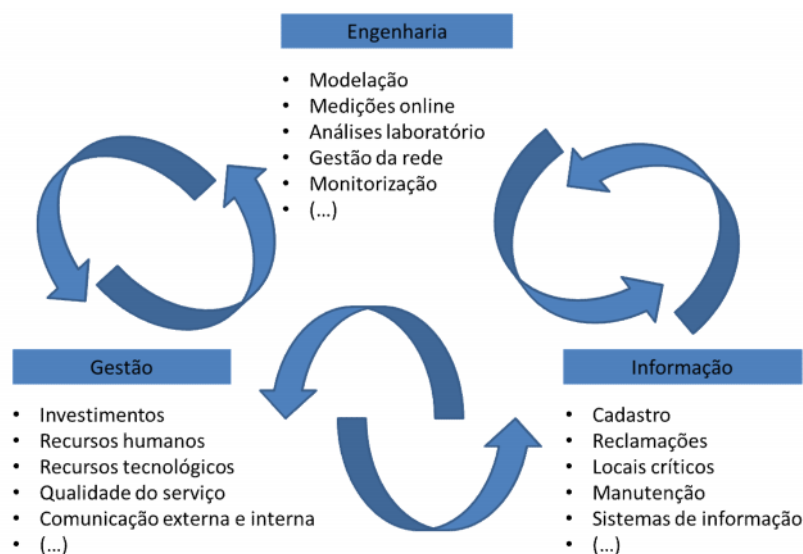
Nesta comunicação, os principais processos e fatores que respondem pela manutenção da qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição são identificados e analisados na perspetiva da sua integração no contexto da GPI, e suas interseções com os PSA. Com este objetivo são estudadas as relações entre os aspetos que no projeto, operação, e manutenção/reabilitação de sistemas de adução e distribuição de água, se refletem na

abordagem AWARE-P de GPI ([www.aware-p.org](http://www.aware-p.org); [www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org)), em consonância com o PSA, e que se relacionam com a qualidade e segurança da água fornecida. Para ilustrar os aspetos desta integração, foram selecionados os objetivos, critérios e métricas que genericamente podem responder pela manutenção e segurança da água num sistema de abastecimento.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia AWARE-P (Alegre, et al. 2013, Leitão., et al. 2013) de GPI tem sido utilizada ([www.aware-p.org](http://www.aware-p.org); [www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org)) como ferramenta de planeamento da gestão, engenharia e informação por EG de diferentes características (e.g., população servida; sistemas em baixa ou em alta; sistema de abastecimento, sistemas de águas residuais e águas pluviais). Esta metodologia tem por base o estabelecimento de objetivos, critérios e métricas, ao nível estratégico e ao nível tático, para suporte da EG na tomada de decisão. Como resultados práticos desta metodologia, pode destacar-se o desenvolvimento de planos estratégicos e de planos táticos de GPI<sup>1</sup> no âmbito da iniciativa para a gestão patrimonial de infraestruturas-iGPI ([www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org)).

Tal como em abordagens GPI mais centradas nas infraestruturas, aquelas mais focadas na qualidade e segurança da água requerem comunicação entre os diferentes setores da EG, nomeadamente entre as dimensões de análise da gestão, a engenharia e a informação (Figura 2). Essa comunicação, que se pretende que seja bidirecional, permite o alinhamento entre as diferentes dimensões de análise que, em sintonia, poderão mais facilmente levar ao cumprimento dos objetivos globais das entidades gestoras.



**Figura 2** – Exemplos de funções de gestão, engenharia e informação na GPI.

<sup>1</sup> in Elaboração de um Plano Estratégico e de um Plano Tático de Gestão Patrimonial de Infraestruturas, projeto iGPI, ([www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org))

Neste trabalho, a metodologia AWARE-P foi utilizada para a definição dos objetivos, critérios, métricas e estratégias, para os níveis de planeamento estratégico e tático, com o intuito de exemplificar um sistema de avaliação de GPI para abastecimento de água, com enfoque na qualidade e segurança da água. Estes sistemas de avaliação culminam com a definição de estratégias, para o longo prazo, e de táticas, para o médio prazo. Considerou-se tratar-se de um sistema de abastecimento “evoluído”, ou seja, já consolidado e cujo principal objetivo de gestão consiste em assegurar a sustentabilidade e a qualidade do serviço prestado. Ao nível estratégico são apresentados os objetivos da EG numa perspetiva de longo prazo (20-30 anos). Esses objetivos estratégicos são, posteriormente, materializados ao nível tático (5-10 anos).

### 3. GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS

A partir do que é proposto pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) no Guia Técnico nº16 (Alegre e Covas 2010), Guia Técnico nº19 (LNEC e ERSAR 2012), e no Guia Técnico nº13 (Menaia, et al. 2009), foram definidos os objetivos estratégicos, critérios e métricas para avaliar os principais processos e fatores que respondem pela manutenção da qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição, para o nível estratégico e para o nível tático.

#### 4.1 Nível Estratégico

Na Figura 3 estão identificados os objetivos estratégicos, critérios e métricas, considerados necessários para um planeamento estratégico direcionado para a qualidade da água. Seguidamente é explicada a importância de cada uma das estratégias definidas (Quadro 1).

Objetivos estratégicos	Critérios	Métricas
Adequação da interface com o utilizador	Acessibilidade do serviço prestado aos utilizadores	Acessibilidade económica do serviço*
	Qualidade do serviço prestado	Ocorrência de falhas no abastecimento*
		Qualidade da água*
		Reclamações de qualidade da água
Sustentabilidade da gestão do serviço	Sustentabilidade económica	Adesão ao serviço*
	Sustentabilidade infraestrutural	Adequação da capacidade de tratamento*
		Reabilitação de condutas*
Sustentabilidade ambiental	Eficiência na utilização de recursos naturais	Perdas reais de água*

**Figura 3** - Sistema de avaliação estratégico: objetivos, critérios e métricas (\*métricas da ERSAR, in “Guia de Avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, 2ª geração do sistema de avaliação”).

À exceção da métrica “reclamações de qualidade da água”, todas as restantes foram selecionadas a partir do “Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, 2ª geração do sistema de avaliação” (LNEC e ERSAR 2012). Esta métrica destina-se a avaliar o nível de adequação da interface com o utilizador no que se refere à qualidade do serviço prestado e, mais em concreto, à resposta dos utilizadores a reclamações de qualidade da água. É definida como a percentagem de reclamações referentes exclusivamente a qualidade da água, num universo de reclamações registadas pela EG.

**Quadro 1** – Estratégias infraestruturais e não infraestruturais: definição e importância.

Estratégias não infraestruturais	
Definição	Importância
Promoção da proteção da qualidade da água no processo de armazenamento, transporte e distribuição	Durante o armazenamento (e.g., devido a zonas de estagnação e à entrada de contaminantes nos reservatórios), transporte e distribuição da água (e.g., devido a tempos de residência prolongados), a qualidade da água pode sofrer alterações. Estes são pontos críticos que poderão ser identificados no âmbito do PSA, bem como as medidas adequadas para a sua mitigação.
Adequação dos processos e operações de tratamento de água	O tratamento deve ser adequado e eficaz face à qualidade da água de origem. Deve ser procurada ligação entre os problemas que ocorrem no sistema de distribuição (e.g., formação de subprodutos da desinfecção, partículas em suspensão) e os processos e operações de tratamento na ETA. No âmbito do PSA poderão ser identificados os parâmetros críticos no sistema de distribuição que requeiram a revisão dos processos de tratamento.
Integração dos sistemas de informação	Para garantia da qualidade do serviço e melhor interpretação dos dados no presente e no longo prazo, os resultados analíticos do laboratório devem ser cruzados com os de monitorização e modelação, numa plataforma acessível por todos.
Estratégias infraestruturais	
Definição	Importância
Promoção do controlo de perdas de água	Para além dos motivos económicos e ambientais, locais em que há perdas de água estão suscetíveis a intrusões (e.g., contaminação microbiológica).
Reabilitação faseada das infraestruturas	Para prevenir investimentos localizados no longo prazo, deve promover-se a reabilitação sustentável dos componentes das infraestruturas com necessidade de substituição. As condutas em ferro fundido, dada a sua associação com problemas de qualidade da água, devem ser progressivamente substituídas.

## 4.2 Nível Tático

Na Figura 4, estão identificados os objetivos táticos, critérios e métricas, considerados necessários para um planeamento tático direcionado para a qualidade da água. Seguidamente é sugerida a importância de cada métrica como avaliação do desempenho para a qualidade da água (Quadro 2).

Objetivos táticos	Crítérios	Métricas	
Continuidade e qualidade do serviço	Tempos de residência	% ZMC com tempos de residência > 48 h	
	Regimes hidráulicos	% da rede com velocidades < 0.1 m/s	
	Qualidade da água que sai da ETA		% análises fora dos valores paramétricos
			% análises realizadas a parâmetros críticos
			% análises AOC > 100 mg/L à saída da ETA
	Controlo das concentrações efetivas de desinfetante residual	% de ZMC com cloro residual < 0.2 mg/L	
	Manutenção e gestão da rede		% de reclamações de qualidade da água
			% de BI com turvações > 10 NTU após renovação da água
			% de BI com Cl <sub>2</sub> < 0.2 mg/L após renovação da água
	Garantia da sustentabilidade económica e infraestrutural	Sustentabilidade infraestrutural	Índice de valor infraestrutural
Reabilitação (%/ano)			
% condutas em ferro fundido			
	Sustentabilidade financeira	Custos acrescidos com a monitorização	
Maior eficiência no uso dos recursos naturais	Perdas reais de água	Perdas reais de água	

**Figura 4** - Sistema de avaliação tático: objetivos, critérios e métricas (notas: AOC=*assimilable organic carbon*, ZMC=zona de medição e controlo; BI=bocas de incêndio).

De uma forma genérica, foram identificadas as seguintes táticas:

- Realização de descargas periódicas para limpeza das zonas de medição e controlo (ZMC), naquelas em que se registem turvações altas (> 10 NTU) ou valores de cloro abaixo dos limites legais (< 0.2 mg/L);
- Alterações infraestruturais e operacionais para minimização de tempos de residência e garantia dos valores mínimos de cloro residual.
- Substituição das condutas em ferro fundido.

Mais se refere que os pontos críticos identificados no sistema de avaliação poderão ser definidos no âmbito do PSA, bem como as medidas adequadas para a sua mitigação.

**Quadro 2** – Métricas para avaliação da qualidade da água: definição e importância.

Objetivo Tático: continuidade e qualidade do serviço	
Métrica	Importância
% ZMC com tempos de residência > 48 h	Tempos de residência elevados podem conduzir a baixas concentrações de desinfetante residual e à degradação da qualidade da água, devido a maior tempo de contacto da água com materiais, biofilme ou sedimentos das condutas.
% da rede com velocidades < 0.1 m/s	Condutas com velocidades baixas podem ser pontos críticos para a acumulação de sedimentos e crescimento microbológico.
% análises fora dos valores paramétricos	Resultados analíticos que sistematicamente estão fora dos valores paramétricos podem dar indicação de um problema de qualidade da água desde a origem (i.e., captação, reservatório) ou de intrusões; resultados analíticos que pontualmente estão fora dos valores paramétricos podem ser causados por fenómenos químicos ou microbiológicos localizados (e.g., ressuspensão de sedimentos).
% análises realizadas a parâmetros críticos	Parâmetros que são mais críticos para a EG por estarem sistematicamente fora dos intervalos legais ou daqueles definidos pela EG devem ser investigados (e.g., incluídos no PSA)
% análises AOC > 100 mg/L à saída da ETA	Águas com valores elevados de AOC têm maior potencial para desenvolvimento de biofilme e para a corrosão.
% de ZMC com cloro residual < 0.2 mg/L	Locais com concentrações baixas de cloro podem estar associados a maior desenvolvimento microbológico ou à acumulação de sedimentos nas condutas.
% de reclamações de qualidade da água	As reclamações da qualidade da podem dar indícios dos locais críticos para deterioração da qualidade da água.
% de BI com turvações > 10 NTU após renovação da água	Nas descargas periódicas de condutas, turvações altas após renovação da água podem ser sinal de limpeza insuficiente ou da acumulação de sedimentos de difícil ressuspensão.
Objetivo Tático: garantia da sustentabilidade económica e infraestrutural	
Métrica	Importância
Índice de valor infraestrutural	O grau de juventude, de maturidade ou de envelhecimento da infraestrutura tem influência na qualidade da água (e.g., quantidade de biofilme e/ou sedimentos).
Reabilitação (%/ano)	A reabilitação de condutas fissuradas ou de condutas com incrustações minimiza a ocorrência de problemas de qualidade da água a jusante.
% condutas em ferro fundido	As condutas em ferro fundido são mais propícias ao desenvolvimento de biofilme, estão sujeitas à corrosão e podem estar associadas ao decaimento do cloro nos sistemas.
Custos acrescidos com a monitorização	Não sendo possível a realização de medições de forma exaustiva e sem critério, os custos acrescidos com a monitorização devem ser sustentados e justificados.
Objetivo Tático: maior eficiência no uso dos recursos naturais	
Métrica	Importância
Perdas reais de água	A ocorrência de perdas de água pode levar a intrusões na rede. Aquando da reposição do serviço na sequência de falhas no abastecimento pode haver arrastamento de sedimentos.



## **4. RELAÇÃO ENTRE GPI E PLANOS DE SEGURANÇA DA ÁGUA E DIMENSIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS**

### **4.1 Planos de segurança da água**

A concepção e implementação de PSA num sistema de abastecimento de água envolvem a avaliação global do sistema, incluindo essencialmente a identificação dos principais perigos, a definição de um plano de monitorização e medidas de controlo e gestão de riscos, bem como a sistematização da comunicação e gestão de informação e procedimentos (WHO 2011, 2008, Bartram, et al. 2009). A metodologia e gestão dos PSA têm amplas interseções com uma abordagem mais integrada de GPI que contemple aspetos de qualidade e segurança da água. A incorporação simultânea destas interseções na GPI e nos PSA é, portanto, desejável. Em certa medida, os PSA têm objetivos, critérios, métricas e metas, bem como fluxos de informação e ciclos de reavaliação, que interessa considerar ou integrar na GPI - os riscos para a saúde do consumidor passariam a ser ponderados no quadro da GPI. Por seu turno o PSA poderia passar a incluir riscos não obrigatoriamente relacionados com a saúde pública (e.g., parâmetros organoléticos), mas que têm efeito na qualidade do serviço.

### **4.2 Dimensionamento das infraestruturas**

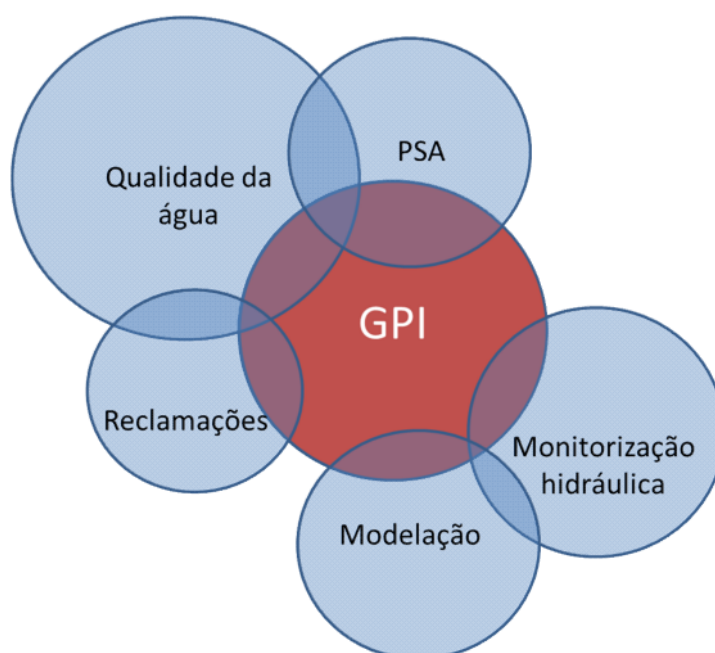
A configuração inadequada e/ou o sobredimensionamento dos sistemas durante a sua concepção e projeto, quer devido por incorreto diagnóstico da situação futura (e.g., expansão do serviço), quer por imposições legais (e.g., garantia de caudais de incêndio), podem conduzir a condições para deterioração da qualidade da água. Por exemplo, a existência de zonas onde ocorrem velocidades baixas ou nulas pode propiciar a acumulação de sedimentos e/ou degradação da qualidade microbiológica da água e o decaimento de cloro residual devido a longos tempos de residência. Por outro lado, a degradação da qualidade da água nos sistemas tende geralmente a agravar-se com o envelhecimento das infraestruturas.

A setorização das redes em ZMC pode permitir melhor identificar e conhecer os locais mais críticos da rede, quando apoiada na monitorização e modelação hidráulicas da rede. Pode, assim, servir como base à concepção e implementação de medidas para contrariar a degradação da qualidade da água nos sistemas. Se integradas num sistema de avaliação por objetivos, critérios e métricas, estas medidas podem, então, ser priorizadas no quadro das intervenções prioritárias para melhoria do funcionamento da rede. Por outro lado pode avaliar-se a melhoria do desempenho ao nível da ZMC depois dessas intervenções.

## **5. QUALIDADE E SEGURANÇA DA ÁGUA NUM CONTEXTO GPI**

Tal como apontado por outros autores (Alegre e Covas 2010, Alegre, et al. 2013), abordagens de GPI considerando o comportamento e o serviço prestado pelo sistema como um todo funcional, apresentam vantagens em relação àquelas realizadas por componente ou ativo das infraestruturas. Para a qualidade da água são naturalmente mais úteis, pelo facto de esta não depender exclusivamente da condição de cada componente infraestrutural, mas também do tipo de componentes existentes e do modo como são

operados. Apesar disso, a avaliação da qualidade da água num planeamento GPI restringe-se frequente e exclusivamente ao cumprimento dos requisitos legais, o que pode ser explicado pela dificuldade em definir métricas para a qualidade da água em contexto GPI. Para tal situação podem concorrer a ausência de troca e cruzamento dos dados produzidos entre os setores responsáveis pela gestão técnica dos sistemas e pela garantia da qualidade e segurança da água, bem como a falta de competências em qualidade da água nas equipas GPI (Figura 5).



**Figura 5** – Interseção da gestão patrimonial de infraestruturas com objetivos, atividades, fluxos de informação e dados de planeamento, medição e gestão relacionados com a qualidade da água.

Neste trabalho foi feito o exercício de ilustrar alguns dos aspetos específicos de qualidade da água num serviço urbano de água num contexto de GPI, através da definição de objetivos, critérios e métricas ([www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org); [www.aware-p.org](http://www.aware-p.org)). No plano estratégico foram selecionados os critérios e métricas para garantir a qualidade do serviço, desde a “qualidade da água” até à “adesão ao serviço”, passando pelas “perdas reais de água” (Figura 3, Quadro 1). No plano tático foram identificados os meios para se atingirem os objetivos delineados ao nível estratégico, com destaque para aqueles que mais se relacionam com aspetos da qualidade da água, como sejam: a qualidade da água à saída da ETA, a manutenção de cloro residual na rede, a acumulação de sedimentos e o desenvolvimento de biofilme (Figura 4, Quadro 2).

As abordagens de GPI mais integradas, para além de úteis para a definição dos objetivos da entidade gestora na manutenção da qualidade da água, podem ter interseções com outros instrumentos de qualidade da água, como seja o PSA. À semelhança deste, as métricas selecionadas priorizam os locais mais críticos para deterioração da qualidade da água e as táticas procuram a resolução de problemas específicos. Por outro lado, em relação à configuração e ao dimensionamento das infraestruturas, o cruzamento de dados da qualidade da água com o conhecimento dos componentes infraestruturais pode levar a

revisões e melhoramentos dos documentos normativos, como sejam os que conduzem ao sobredimensionamento das redes por imposição de caudais para combate de incêndios (Vreeburg, et al. 2009).

As abordagens tradicionais de GPI normalmente não incluem aspetos específicos da qualidade da água. Neste estudo, através da exemplificação por objetivos, critérios e métricas ao nível estratégico e ao nível tático, procurou-se uma abordagem de GPI que também pudesse refletir objetivos e prioridades direcionados para a qualidade da água — é o caso da abordagem AWARE-P. Os fatores indicados como mais determinantes para o desempenho da qualidade da água foram: o tempo de residência, a condição dos componentes da infraestrutura, a manutenção e gestão da rede, aos regimes hidráulicos e o controlo das concentrações efetivas de desinfetante residual (Menaia e Mesquita 2013, Menaia e Poças 2013, USEPA 2002). Noutros contextos, estes fatores e os problemas específicos poderão ser diferentes, bem como o tipo de medições que podem ser efetuadas na rede. Assim, os exemplos aqui descritos não servem para aplicação direta por qualquer EG; e o mesmo se aplicaria ao desenvolvimento de PSA. Em alternativa, cada EG deverá identificar os seus principais problemas de qualidade da água e avaliar quais as medidas mais adequadas para a sua monitorização e controlo, com base nos Guias Técnicos e na experiência por si desenvolvida, tendo em conta os seus objetivos estratégicos.

## 6. CONCLUSÕES

Neste estudo procurou-se avaliar os principais processos e fatores que respondem pela manutenção, qualidade e segurança da água nos sistemas de distribuição, num contexto de GPI. Para tal, foram identificados os objetivos, critérios e métricas que, num contexto GPI, podem ser úteis para avaliação da qualidade da água. Em trabalhos futuros, a aplicação prática de abordagens de GPI com a capacidade de incluir prioridades ligadas à qualidade da água, e sua integração com o desenvolvimento de PSA, deverá ser investigada.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestrutura (iGPI) e ao projeto TRUST – Transitions to the urban water services of tomorrow, pelas duas bolsas de projeto, e à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), pela bolsa de doutoramento com a referência: SFRH/BD/60330/2009.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

H. Alegre and D. Covas, (2010). *Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água. Guia Técnico nº16*. Lisboa

M. S. Silva, S. T. Coelho and M. Moreira, 2012. Gestão eficiente da informação nos serviços urbanos de água. *Encontro Nacional de Saneamento Básico (ENASB)*. Évora, Portugal: APESB.

H. Alegre, S. T. Coelho, D. Covas, M. d. C. Almeida and M. A. Cardoso, 2013. A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure. *Water science & technology: water supply*, 13 (6), 1444-1451.

J. Menaia and E. Mesquita, 2013. Effect of climate change on microbial regrowth in drinking water distribution systems. . *In 5.5.2 Adapted operation of drinking water systems to cope with climate change*. . 7ºPQ-UE projeto PREPARED ed.

J. Menaia and A. Poças, 2013. Maintenance of water supply networks. *In 5.5.2 Guidelines for improved operation of drinking water treatment plants and maintenance of water supply and sanitation networks*. 7ºPQ-UE projeto PREPARED ed.

USEPA, 2002. Effects of water age on distribution system water quality.

J. P. Leitão., S. T. Coelho, H. Alegre, M. A. Cardoso, M. S. Silva, P. Ramalho, R. Ribeiro, D. Covas, M. C. Almeida and N. Carriço, 2013. The iGPI collaborative project: moving IAM from science to industry. *In IWA ed. 5th LESAM*. Australia.

WHO, (2011). *Guidelines for drinking-water quality - 4th edition*.

WHO, (2008). *Guidelines for drinking-water quality - Volume 1: recommendations*, WHO Press ed.

J. Bartram, L. Corrales, A. Davison, D. Deere, D. Drury, B. Gorden, G. Howard, A. Rinehold and M. Stevens, 2009. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water supplies. *In WHO ed. Geneva*.

LNEC and ERSAR, (2012). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores (2a geração do sistema de avaliação)*. Guia Técnico nº19.

J. Menaia, M. J. Rosa and P. Vieira, (2009). *O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem*. Guia Técnico nº13.

J. H. G. Vreeburg, E. J. M. Blokker, P. Horst and J. C. van Dijk, 2009. Velocity based self cleaning residential drinking water distribution systems. *Water Science & Technology*, 9 (6), 635-641.