



# GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS EM SISTEMAS URBANOS DE ÁGUA

Helena Alegre, Sérgio T. Coelho, João P. Leitão

Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [halegre@lnec.pt](mailto:halegre@lnec.pt)

**Palavras-chave:** gestão patrimonial de infraestruturas, abastecimento de água, gestão de águas residuais e pluviais, planeamento, reabilitação.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) constitui, cada vez mais, uma atividade determinante para a garantia perene do cumprimento dos requisitos de qualidade do serviço que essas infraestruturas asseguram. Em termos práticos, a GPI estrutura práticas de gestão tradicionais, integrando-as nos princípios de gestão por objetivos e de melhoria contínua, e complementando-as com novas técnicas de análise, de comparação de alternativas e de comunicação entre as partes interessadas.

A GPI é mundialmente reconhecida como essencial para a sustentabilidade dos serviços assentes em infraestruturas físicas de elevado custo de construção e manutenção. Esta afirmação é particularmente premente em contextos de escassez de recursos, como o atual, em que o capital que é possível mobilizar para construir e reabilitar infraestruturas de serviços públicos é inferior ao desejável. É indispensável assegurar que as decisões são as mais racionais, transparentes, que maximizem os benefícios numa perspetiva de longo prazo.

Os serviços urbanos de água são um exemplo paradigmático. Sendo serviços públicos essenciais, tendem a ser considerados pelas populações como óbvios e por isso pouco valorizados. São dependentes de infraestruturas de elevado custo, de elevada durabilidade, e de baixa visibilidade por serem maioritariamente enterradas. Por serem monopólios naturais, não estão sujeitos aos mecanismos de mercado incentivadores de melhorias de eficiência.

A realidade demonstra que, pelas razões acima indicadas, a gestão destas infraestruturas tem sido, generalizadamente, pouco racional e que, a manter-se, conduzirá em poucos anos a uma degradação muito significativa dos atuais níveis de qualidade do serviço. Existem porém motivos de confiança para que a situação se altere. A sensibilização para o tema tem vindo a aumentar consideravelmente e a inovação neste domínio é notória. Em Portugal, o papel do regulador, em associação com o trabalho que tem vindo a ser polarizado pelo LNEC em projetos de IDT colaborativos, está a ser determinante da mudança em curso.

Esta intervenção nas JIL tem em vista dois objetivos fundamentais: (i) partilhar com os participantes as linhas fundamentais da atividade desenvolvida e em curso no âmbito da GPI de sistemas urbanos de água, e (ii) sensibilizar as partes interessadas na gestão de outros tipos de infraestruturas públicas para a importância do problema e para a existência dos produtos inovadores existentes desenvolvidos pelo LNEC. Embora desenvolvidos para os sistemas urbanos de água, muitos deles têm potencial de fácil adaptação a outros tipos de serviço (e.g. redes de transportes, redes de energia).

## 2. ATIVIDADE DE GPI NO LNEC

Após o programa de investigação sobre reabilitação de sistemas de distribuição de água elaborado por Baptista (1995) e a participação nos projetos de investigação CARE-W e CARE-S, respectivamente sobre

reabilitação de redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (5.º Programa Quadro da União Europeia) (Sægrov ed., 2005 e Sægrov ed., 2006), a atividade específica de GPI teve início no LNEC no âmbito de um programa de investigação desenvolvido em 1996-1997 (Alegre, 2008). Neste programa identificaram-se prioridades de investigação e de formação e desenvolveram-se diversas propostas de projectos de investigação, abertos à comunidade científica. Reconhecendo ser fundamental a sensibilização nacional para o assunto e o posicionamento internacional do LNEC, organizou-se em Lisboa (LNEC) a conferência da International Water Association (IWA) LESAM 2007 – Leading-Edge Strategic Asset Management; as Conferências LESAM têm actualmente uma periodicidade bienal. Também em 2007 a IWA estabeleceu um Grupo Especializado sobre GPI, liderado deste então por um membro da carreira de investigação do LNEC e com forte participação portuguesa ([www.iwasam.org](http://www.iwasam.org)). O grupo mantém uma atividade intensa e crescente, tendo, recentemente, também vindo a trabalhar com a Operations & Maintenance Network da IWA, uma estrutura da associação dedicada às regiões em desenvolvimento que tem como áreas estratégicas principais os planos de segurança da água e a GPI ([www.operationandmaintenance.net](http://www.operationandmaintenance.net)).

Uma vertente importante da atividade internacional é o acompanhamento ativo dos principais grupos de normalização. Neste caso concreto, estão principalmente em causa os grupos de normalização internacional ISO/TC 224 - *Service activities relating to drinking water supply and sewerage*, que já produziu as normas ISO 24510:2007, 24511:2007, 24512:2007 e tem em curso diversas normas relevantes para a GPI, e ISO/PC 251 – *Asset Management*, a desenvolver as normas 55000/55001/55002 (ISO, 2012a, 2012b, 2012c). Embora num contexto financeiramente muito desfavorável ao desenvolvimento de atividades normativas, tem sido possível contribuir ativamente para os trabalhos destes comités.

Em termos de investigação, o principal marco foi o desenvolvimento do projecto AWARE-P ([www.aware-p.pt](http://www.aware-p.pt)) (2009-2011). O projeto reuniu três parceiros de investigação (LNEC e IST, Portugal; Sintef, Noruega), dois parceiros tecnológicos (Addition e Ydreams) e o regulador nacional ERSAR, bem como quatro parceiros que gerem serviços urbanos de água (AdP Serviços S.A, AGS, S.A., SMAS Oeiras e Amadora, e Veolia Agua). Teve como objetivo principal dotar as entidades gestoras com os conhecimentos e as ferramentas necessárias para a tomada de decisão eficiente e bem fundamentada no âmbito da gestão patrimonial de infraestruturas. Foi desenvolvida uma metodologia de GPI, elaborados conjuntamente dois guias técnicos (Alegre e Covas, 2010 e Almeida e Cardoso, 2011), desenvolvidos casos de demonstração pelas entidades gestoras participantes (incluindo casos de abastecimento de água e de águas residuais) e desenvolvido o *software* AWARE-P ([www.baseform.org](http://www.baseform.org)), uma aplicação profissional muito inovadora em termos técnicos e computacionais. Foram ministradas sete edições em Portugal e duas no Brasil de uma ação de formação em GPI. Todos os produtos do projeto estão livremente acessíveis, sem custo de utilização, a partir do portal do projeto ([www.aware-p.org](http://www.aware-p.org)). Foram ainda feitas mais de 20 palestras sobre o tema (Europa, Ásia, Austrália, Índia e Américas) e publicados múltiplos artigos em revistas e em livros de atas de congressos (e.g., Alegre e Matos, 2009; Alegre *et al.*, 2010; Alegre, 2009; Alegre *et al.*, 2011; Almeida *et al.* 2011; Beleza *et al.*, 2011; Cardoso *et al.*, 2011a; Cardoso *et al.*, 2011b; Carriço *et al.*, 2011; Carriço *et al.*, 2012; Coelho e Vitorino, 2011; Marques *et al.*, 2011). A secção seguinte resume as linhas mestras da metodologia AWARE-P de GPI.

Na sequência imediata do projeto AWARE-P, e em resposta às necessidades do país, o LNEC, o IST e a Addition promoveram o projeto colaborativo de I&DT iGPI - Iniciativa Nacional para a GPI de serviços urbanos de água (Abril 2012-Setembro 2013) ([www.iniciativaGPI.org](http://www.iniciativaGPI.org)). Este projeto tem em vista a capacitação das 19 entidades gestoras de sistemas urbanos de água participantes para implementarem internamente programas de GPI.

A nível europeu, a principal atividade de investigação em curso neste domínio no LNEC insere-se no projeto TRUST – Transitions for the Urban-water Services of Tomorrow ([www.trust-i.net](http://www.trust-i.net)) (7.º PQ da EU, 2011-2015). Para além de integrar a equipa de coordenação do projeto, o LNEC coordena a área de trabalho que vai produzir recomendações, guias de boa prática e *software* de apoio à GPI, assente no *software* AWARE-P (WA5).

Internacionalmente, foi aprovada em Abril de 2012 uma candidatura à WERF – Water and Environment Research Foundation, para testar numa entidade gestora de águas residuais americana, a selecionar pelos

parceiros locais (GHD e Virginia Tech), a metodologia e o *software* AWARE-P, e desenvolver dois novos módulos. A proposta intitula-se “Visual Tool for Supporting Asset Management Performance. Risk and Cost Analysis” e insere-se na componente “System Rehabilitation” do RFP No. INFR-2012 da WERF – “Innovation and Research for Water Infrastructure for the 21st Century”. A IWA é também parceira deste projeto, para apoiar a divulgação de resultados.

A formação dos profissionais mais jovens é outra vertente da atividade desenvolvida. O LNEC tem vindo a acolher bolsiros de investigação nacionais e estrangeiros, e acolhe ou orienta doutorandos. Atualmente estão em curso quatro teses de doutoramento em GPI com orientação de investigadores do Laboratório.

### 3. ABORDAGEM AWARE-P DE GPI

Uma abordagem estruturada de GPI pode ajudar uma entidade gestora a:

- Garantir a sustentabilidade de níveis de serviço adequados;
- Clarificar e justificar as prioridades de investimento;
- Encontrar um equilíbrio entre desempenho, custo e risco no curto, médio e longo prazos;
- Utilizar de forma sustentável os recursos hídricos, energéticos, humanos e tecnológicos;
- Planear a adaptação dos sistemas às alterações climáticas;
- Privilegiar a reabilitação das infraestruturas existentes, sobre a construção de novas, sempre que possível;
- Fomentar o investimento e os ganhos de eficiência operacionais.

A GPI pode ser implementada de muitas formas diferentes. Mesmo para uma dada entidade e um dado contexto externo, não existe uma solução única. Porém, há alguns princípios gerais que têm progressivamente a ser consagrados de modo consensual na literatura da especialidade (e.g. INGENIUM & IPWEA, 2011; Alegre e Almeida ed., 2009).

A abordagem AWARE-P de GPI assenta nas melhores práticas de GPI vigentes, desenvolvidas, adaptadas e testadas em entidades gestoras de características diferenciadas.

O processo de GPI segue os princípios de melhoria contínua estabelecidos na norma NP EN ISO 9001: 2000, relativa aos sistemas de gestão da qualidade, e na norma NP EN ISO 14001: 2004, relativa aos sistemas de gestão ambiental, através de uma abordagem PDCA. O acrónimo, adotado também nas versões portuguesas das normas, corresponde a *Plan-Do-Check-Act* (em português: Planear-Executar-Verificar-Atuar). A Figura 1 apresenta esquematicamente a abordagem de melhoria contínua PDCA.

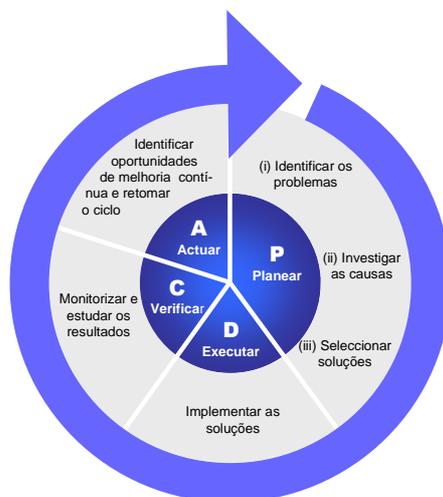


Figura 1 Abordagem PDCA de melhoria contínua

Segue também as recomendações das normas ISO 24510/24511 e 24511, segundo as quais a gestão deve ser guiada por objetivos, especificados em critérios e métricas de avaliação, que permitem definir metas a monitorizar resultados. Atende também aos requisitos fundamentais que constam dos documentos de trabalho das futuras normas ISO 55000/55001/55002.

A metodologia AWARE-P de GPI estabelece que o processo de GPI deve contemplar níveis de planeamento e decisão diferenciados, abrangendo os níveis estratégico, tático e operacional.

O nível estratégico tem em vista definir a direção para onde a organização pretende ir a longo prazo, nos aspetos relevantes para a gestão patrimonial das infraestruturas. O nível tático define o caminho a seguir a médio prazo, estabelecendo as prioridades de intervenção e as soluções a adotar. O nível operacional corresponde a percorrer esse caminho, ou seja, à programação de curto prazo e à execução das ações previstas. O Quadro 1 sintetiza as principais características de cada um destes três níveis de decisão.

**Quadro 1 – Características dos níveis de decisão (Alegre e Covas, 2010)**

Níveis	Estratégico	Tático	Operacional
Escala	Macro escala	Escala intermédia	Pormenor
Âmbito	Sistema global	Subsistemas e componentes críticos	Grupos de componentes
Tipo de ação	Define a direção	Define o caminho	Executa
Responsável	Administrador da infraestrutura	Gestor da infraestrutura	Chefe da operação da infraestrutura
Resultados	Estratégias	Táticas	Programa de ações
Horizonte temporal	Longo prazo (10 a 20 anos)	Médio prazo (3 a 5 anos)	Curto prazo (1 a 2 anos)

Outra noção importante é a de que GPI é um processo que tem como competências principais a engenharia, dado tratar-se de infraestruturas construídas de funcionamento complexo, a gestão económica e organizacional, e a gestão de informação. Implementações que privilegiem uma destas competência face às restantes dificilmente serão bem sucedidas.

O resultado da GPI deverá ser, como definido por Brown e Humphrey (2005), um equilíbrio entre desempenho, custo e risco, no longo prazo.

Estes conceitos têm vindo a ser representados no designado “cubo AWARE-P”, reproduzido na Figura 2.



**Figura 2 - Processo integrado de planeamento de GPI e interligações entre os diferentes níveis**

Nesta abordagem o estabelecimento de objetivos, critérios, métricas e metas constitui a fundação das fases seguintes: (i) identificação do problema, através da comparação do desempenho do sistema com os objetivos estabelecidos e estabelecimento de um diagnóstico com vista à investigação das suas causas; e (ii) identificação de alternativas de resolução do(s) problema(s) e seleção da solução a adotar. A monitorização e a revisão são fases também essenciais. É importante garantir que os planos se mantêm atualizados em qualquer um dos três níveis de decisão. Para o efeito, há que definir mecanismos de atualização periódica que garantam a existência de orientações claras para um período correspondente ao horizonte do respetivo plano, sendo necessário integrar no plano revisto um novo período igual ao tempo entre revisões. O tempo entre revisões, em geral, deverá ser da ordem de 1/5 a 1/3 da duração do respetivo plano, o que conduz a revisões mais espaçadas a nível estratégico do que ao nível operacional.

**Figura 3 - Fases do processo de planeamento a aplicar em cada um dos níveis de planeamento e decisão**

Uma das características diferenciadoras da abordagem AWARE-P é o facto de atender explicitamente ao facto das infraestruturas que sustentam serviços públicos essenciais terem vidas indefinidas (Burns *et al.*, 1999). Por essa razão, as fases do ciclo de vida de um ativo físico (planeamento, construção, operação e manutenção, reabilitação e desactivação / eliminação) coexistem. Deve atender-se ao ciclo de vida dos elementos individuais dos sistemas, mas não se podem aplicar as metodologias de análise de ciclo de vida à infraestrutura como um todo. Por outro lado, deve atender-se ao comportamento de sistema que caracteriza e domina o funcionamento das infraestruturas em rede. O facto de haver uma grande interdependência funcional entre os componentes de uma rede impede que se apliquem directamente as técnicas predominantes de gestão de activos, segundo as quais a definição de prioridades de intervenção assenta sobre o comportamento e condição física de cada componente.

Nas infraestruturas em rede é necessário estabelecer diagnósticos e estudar alternativas de intervenção mais holísticas, que atendam às necessidades e expectativas das principais partes interessadas, com destaque para a qualidade e para a sustentabilidade do serviço prestado aos utilizadores e para a proteção do ambiente. A condição física e a importância relativa dos componentes nos sistemas devem ser tidas em conta, tal como preconizado nas boas práticas de gestão de activos. Porém, não é menos importante ter também em conta o desempenho hidráulico e de qualidade da infraestrutura como um todo. Em geral, a insuficiência de pressão num dado ponto de consumo de uma rede água ou a ocorrência de uma inundação provocadas pelo extravasamento de águas residuais num dado local são provocados por anomalias existentes noutros componentes, eventualmente geograficamente afastados.

A fase de elaboração de alternativas de intervenção e de comparação e escolha entre elas é também diferente do tradicional. É feita com base na resposta de cada alternativa (incluindo o *statu quo*) no período de análise, para cada uma das métricas de desempenho, de custo e de risco selecionadas. O software AWARE-P assume um papel relevante na visualização e interpretação dos resultados.

Assume-se que a configuração existente de um sistema urbano de água, porque cresceu de modo progressivo em função do crescimento urbanístico, raramente corresponde à configuração ideal para as condições de funcionamento e aos requisitos efectivamente verificados e previstos para o futuro. As intervenções de reabilitação devem por isso ser vistas como uma oportunidade de melhoria, gradual e progressiva, dos sistemas existentes. Um dos casos de demonstração desenvolvidos (Marques et al., 2011) teve em vista demonstrar como, em termos práticos, a abordagem e as capacidades de análise do software AWARE-P podem ser aplicadas nesta ótica de aproximação gradual da rede existente à rede ideal.

A Figura 4 e a Figura 5 ilustram alguns dos resultados visuais (na realidade, animações 3D) do software AWARE-P.



Figura 4 – Ferramenta de planeamento do software AWARE-P: um cubo de resultados

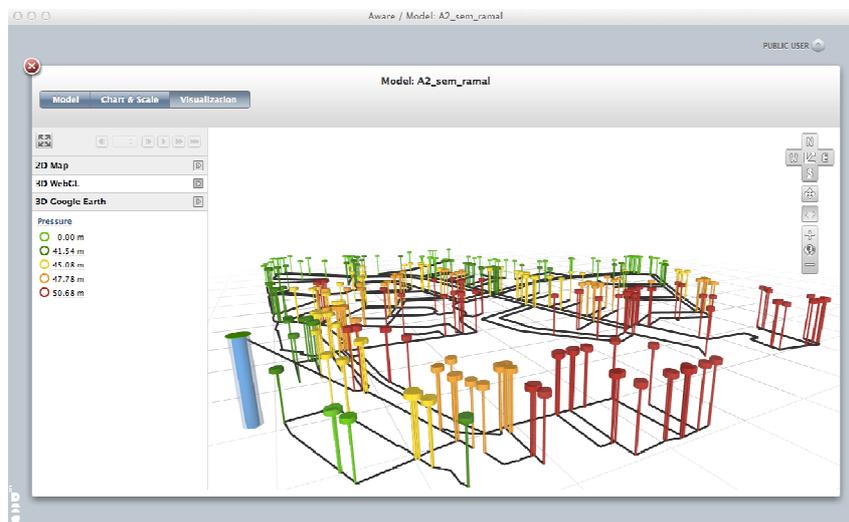


Figura 5 – Ferramenta de visualização tridimensional de resultados de redes

#### 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mecanismo Financeiro do Espaço Europeu (EEA Grants) o apoio financeiro ao projeto AWARE- P, Projeto n.º PT0043. À ERSAR agradecem todo o apoio técnico, financeiro e logístico, bem como os incentivos para que as entidades gestoras portuguesas implementem programas de GPI. A todos os parceiros dos projetos AWARE-P, TRUST e iGPI, e em particular a toda a equipa envolvida, agradecem os contributos que estão a pôr Portugal na linha da frente desta temática.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H. (2008). *Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais*, Coleção "Teses e Programas de Investigação LNEC", LNEC, Lisboa, ISBN 9789724921341 (385 p.).
- Alegre, H. (2009). Is strategic asset management applicable to small and medium utilities?, *Water Science and Technology*, 62.9, IWA Publishing (2051-2058).
- Alegre, H., Almeida, M. C. ed. (2009). *Strategic asset management of water and wastewater infrastructures*. IWA Publishing, ISBN 97843391869 (536 p.).
- Alegre, H., Covas D., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2011). *Integrated approach for infrastructure asset management of urban water systems*. In International Water Association 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim, Alemanha.
- Alegre, H., Covas, D. (2010). *Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*. Série Guias Técnicos, Vol. 16, ERSAR, LNEC e IST, ISBN 978-989-8360-04-5.
- Alegre, H.; Almeida, M.C.; Covas, D.; Cardoso, M.A.; Coelho, S.T. (2010). Gestão patrimonial de infra-estruturas em sistemas urbanos de água. Uma metodologia estruturada, in *Águas & Resíduos*, série III, n.º 14, Setembro/Dezembro 2010 (40-52 p.).
- Alegre, H.; Matos, R. (2009). *Paving the way for a sustainable asset management of urban water infrastructures: outcomes of the 5th World Water Forum*, *Water Asset Management International*, n.º 5.2, Junho de 2009 (19-20 p.).
- Almeida, M. C., Cardoso, M. A. (2010). *Infrastructure asset management of wastewater and stormwater services (in Portuguese). Technical Guide n.17*. ERSAR, LNEC, IST, Lisboa (ISBN: 978-989-8360-05-2).
- Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2010). *Gestão Patrimonial de Infra-Estruturas de Águas Residuais e Pluviais*. Uma abordagem centrada na reabilitação. Série Guias Técnicos, Vol. 17, ERSAR e LNEC.
- Baptista, J.M. (1995). *Reabilitação de sistemas de distribuição de água : Uma metodologia de abordagem*, Programa de investigação apresentado a concurso para provimento na categoria de Investigador Coordenador, ISBN 972-49-1636-7, LNEC, Lisboa.
- Beleza, P., Feliciano, J., Maia, J., Ganhão, A., Almeida, R., Santos, A., Coelho, J. (2011). *Integrated information tools for strategic asset management*. International Water Association 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim An Der Ruhr, Alemanha.
- Brown, R. E., Humphrey, B. G. (2005). Asset management for transmission and distribution. *Power and Energy Magazine, IEEE*, 3(3,39).
- Burns, P., Hope, D., Roorda, J. (1999). Managing infrastructure for the next generation. *Automation in Construction*, 8(6), 689.
- Cardoso, M. A., Santos Silva, M., Coelho, S. T., Almeida, M. C., Covas, D. (2011a). *Urban water infrastructure asset management - structured approach in four Portuguese water utilities*. IWA 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim An Der Ruhr, Alemanha.
- Cardoso, M.A., Santos Silva, M., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Covas, D. (2011b). *Urban water infrastructure asset management - a structured approach in four Portuguese water utilities*. In International Water Association 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim, Alemanha.
- Carriço, N., Covas, D., Almeida, M.C., Leitão, J.P., Alegre, H. (2012). *Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid*. *Water Science & Technology*, IWA Publishing (no prelo). (8 p.).
- Coelho, S. T., Vitorino, D. (2011). *AWARE-P: a collaborative, system-based IAM planning software*. IWA 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim An Der Ruhr, Alemanha.
- INGENIUM, IPWEA (2011). *International infrastructure management manual, version 4.0*. Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM) and the Institute of Public Works Engineering of Australia (IPWEA), ISBN: 2770000072328 (360 p.).
- ISO (2012a). *ISO/CD 55000.2 Asset management — Overview, principles and terminology*, ISO/TC 251/WG 1
- ISO (2012b). *ISO/CD 55001.2 Asset management — Management systems — Requirements*, ISO/TC 251/WG 2
- ISO (2012c). *ISO/CD 55002.2 Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 55001*, ISO/TC 251/WG 2
- ISO 24510: 2007. *Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users*.
- ISO 24511: 2007. *Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of drinking water services*.

ISO 24512: 2007. *Service activities relating to drinking water and wastewater - Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services.* Intern. Org. for Standardization, Geneva.

Marques, M.J.; Saramago, A.P.; Silva, M.H.; Paiva, C.; Coelho, S.; Pina, A.; Oliveira, S.C.; Camacho, P.C.; Leitão, J.P., Coelho, S.T (2011). *Rehabilitation in Oeiras & Amadora: a practical approach.* International Water Association 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27-30 Setembro, Mülheim an der Ruhr, Alemanha.

Sægrov, S. ed. (2005). *CARE-W - Computer Aided Rehabilitation for Water Networks.* EU project: EVK1-CT-2000-00053, IWA Publishing, ISBN: 1843390914, (208 p.).

Sægrov, S. ed. (2006). *CARE-S - Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Stormwater Networks.* IWA Publishing, ISBN: 1843391155, (140 p.).